



Державна служба  
геології та надр  
України



ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут геологічних наук Національної академії наук України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Львівський національний університет імені Івана Франка

2023 

# МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

VIII міжнародна науково-практична конференція

## НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ

9-12 жовтня 2023, м. Львів, Україна

VIII international scientific-practical conference

## SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

9-12 october 2023, Lviv, Ukraine

**ВОСЬМА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"**

**Україна, м. Львів, 9-12 жовтня 2023 р.**

# **МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**EIGHT SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**"SUBSOIL USE IN UKRAINE.  
PROSPECTS FOR INVESTMENT"**

**Ukraine, Lviv, 9-12 October 2023**





**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ГЕОЛОГІЇ ТА НАДР УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА КОМІСІЯ УКРАЇНИ ПО ЗАПАСАХ КОРИСНИХ КОПАЛИН**



**Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу  
Інститут геологічних наук Національної академії наук України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Львівський національний університет імені Івана Франка**

**ВОСЬМА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"**

**Україна, м. Львів, 9-12 жовтня 2023 р.**

**EIGHT SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**"SUBSOIL USE IN UKRAINE.  
PROSPECTS FOR INVESTMENT"**

**Ukraine, Lviv, 9-12 October 2023**

**КИЇВ – 2023**

## **ШАНОВНІ УЧАСНИКИ, ГОСТІ ТА ОРГАНІЗАТОРИ ВОСЬМОЇ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ»!**



Цей рік відзначився масштабним реформуванням галузі надрокористування, підготовкою якої ми займалися разом з Міндовкіллям. Прийнято закон 2805-ІХ, що вніс зміни до Кодексу України про надра. Головними його завданнями є забезпечення стабільних і рівних правил доступу до надр, запровадження дерегуляції та діджиталізації дозвільної процедури, що, в результаті, пришвидшить надання спецдозволу. Це стане можливим завдяки скасуванню дублюючих дозволів – гірничого відводу (окрім робіт підземним способом), затвердження Держгеонадрами проєктів розробки родовищ і введення в дію протоколів ДКЗ, зменшення кількості випадків, що вимагають висновку Міндовкілля, а також повне скасування погодження органами місцевого самоврядування надання в користування місцевих корисних копалин.

Осучаснення регулювання галузі передбачає використання кращих міжнародних практик, серед яких, зокрема, право проводити оцінку запасів за міжнародними стандартами, а також покращення контролю держави та підвищення публічності інформації шляхом уведення чітких підстав і процедур зупинення й анулювання спеціального дозволу.

Серед ключових новел – лібералізація обігу спеціальних дозволів, впровадження наскрізних ліцензій на розвідку та видобування. Введено поняття «мале надрокористування», що передбачає можливість поза аукціоном отримати спеціальний дозвіл на розробку корисних копалин місцевого значення для власників земельних ділянок площею до 25 га.

Оновлено низку нормативно-правових актів, що регулюють відносини в галузі користування надрами, які були напрацьовані народними депутатами спільно з урядовими установами, галузевими об'єднаннями надрокористувачів та європейськими експертами. Було розроблено та прийнято 15 нормативно-правових актів, п'ять з яких передбачає внесення змін до діючого регулювання, та один законопроект було зареєстровано в парламенті. Приведення всіх нормативно-правових актів у відповідність є завершенням галузевої реформи.

Нові правила прогресивні, привабливі та передбачувані для інвестора. Це посприятиме злагодженій роботі всіх учасників ринку та забезпечить рівні правила гри. Цільовим результатом нашої роботи має стати створення прозорої, зручної та ефективної системи користування надрами, коли забезпечуватиметься гідна інституційна спроможність держави для якісного виконання її невід'ємних завдань в геологічній галузі.

З повагою

**Голова**

**Державної служби геології та надр України**

**Роман ОПІМАХ**

УДК 504+550+553+556

**Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування.** Матеріали Восьмої міжнародної науково-практичної конференції (9-12 жовтня 2023 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2023. 607 с.

© Державна комісія України по запасах корисних копалин, 2023

## ЗМІСТ

<b>РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРИСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ</b>	<b>11</b>
<i>Вижев С.А., Гожик А.П.</i> Вплив гармонізації з МСКО переліку освітянських галузей і спеціальностей на забезпечення кадрових потреб мінерально-сировинного комплексу України	13
<i>Павлунь М.М.</i> Стан геологорозвідувальної галузі, геологічної освіти і науки в Україні: проблеми та шляхи вирішення	17
<i>Нецький О.В., Паюк С.О.</i> Зміни законодавства як чинники подальшого розвитку і трансформації державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин	22
<i>Назаренко М.В.</i> K-MINE, як універсальний інструмент у сфері надрокористування	27
<i>Бовсунівський П.В.</i> Місце та роль ДНВП "Геоінформ України" у сучасному надрокористуванні	32
<i>Багрій І.Д., Вдовиченко А.І., Ярошовець-Баранова К.А.</i> Геологічні знання як основа нового наукового світогляду	35
<b>УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b>	<b>39</b>
<i>Баряцька Н.В.</i> Геологічні дані як актив компанії та основа прийняття інвестиційних рішень	41
<i>Харченко М.В., Вакарчук С.Г.</i> Локальний прогноз нафтогазоносності та басейновий аналіз: визначаємо пріоритети	46
<i>Король Н.О.</i> Сучасні комп'ютерні методи в геолого-економічній оцінці родовищ	49
<i>Лукомський В.Р., Курило М.М.</i> Гірничо-геологічні передумови ефективної розробки родовищ щебеневої сировини в межах поширення льодовикових відкладів	54
<i>Лукомський В.Р., Курило М.М.</i> Параметри кондицій для підрахунку запасів щебеневої сировини родовищ в межах поширення льодовикових відкладів	59
<i>Жук П.В.</i> Природно-ресурсний потенціал мінеральної сировини Карпатського регіону України: проблеми використання	63
<i>Попп І.Т., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П., Мороз П.В., Шаповалов М.В.</i> Чорні аргіліти фанерозою заходу України – нетрадиційні колектори нафти і газу	65
<i>Ремезова О.О., Паюк С.О., Багрій І.Д.</i> Геологічні засади розвитку сонячної енергетики України	69
<i>Коваль Д.М., Ремезова О.О., Комлев О.О.</i> Оновлення методичної бази проведення геологорозвідувальних робіт на родовищах бурштину як запорука швидкого освоєння надр	73
<i>Курило М.М., Андрєєва О.О., Семко Ю.О.</i> Нормативні аспекти використання ресурсів надр відповідно до видів користування надрами	79

<i>Боднарук Б.Р., Матківський С.В.</i> 3D моделювання як ефективний інструмент уточнення запасів та управління розробкою родовищ	84
<b>ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ</b>	89
<i>Василенко А.П.</i> Інвестиційна привабливість нових об'єктів титанових руд	91
<i>Костів І.Ю., Хацевич О.М., Держко О.І., Садовий Ю.В.</i> Калій Прикарпаття, його значення та перспективи виробництва	96
<i>Михайлов В.А.</i> Експертна оцінка інвестиційної привабливості мінерально-сировинної бази стратегічних корисних копалин України	101
<i>Фалькович О.Л., Курило М.М.</i> Перспективи інвестування в титанові об'єкти Корсунь-Новомиргородського плутона	107
<i>Генералова Л.В., Хом'як Л.М., Генералов А.В.</i> Перспективи нафтогазоносності еоценових утворень межиріччя Дністер-Стрий (Скибовий покрив, Українські Карпати)	112
<i>Нестеровський В.А., Деревська К.І., Руденко К.В., Спиця Р.О.</i> Інвентаризація кар'єрів з видобутку ямпільських пісковиків у межах Могилів-Подільського Придністров'я	115
<i>Крупський Ю.З.</i> Дорозвідка родовищ – перспективний напрям для інвестицій	121
<i>Комлев О.О., Ремезова О.О., Криницька М.В., Спиця Р.О., Філоненко Ю.М., Жилкін С.В., Коваль Д.М.</i> Прип'ятський бурштиноносний басейн: перспективи розвитку	126
<b>МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ</b>	131
<i>Паюк С.О., Гафич І.П., Коляда М.І.</i> Оптимізація процесу геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу за різними класифікаційними системами	133
<i>Ганжа О.А.</i> Аспекти геолого-економічного ранжування розсипних титан-цирконієвих об'єктів України	136
<i>Лазарук Я., Гузарська Л., Гривняк Г., Ковальчук Н., Гарасим С., Тернавський М., Тріска Н.</i> Деякі аспекти геометризації покладів для геолого-економічної оцінки родовищ вуглеводнів	140
<i>Коваль В.І., Костенко Д.Т.</i> Математичне моделювання пластових вуглеводневих систем	144
<i>Курило М.М., Фалькович О.Л.</i> Промислове значення та ефективність розробки залізрудних родовищ із незначними запасами	149
<i>Федів І.Я.</i> Геологічні показники або передумови для повторної геолого-економічної оцінки нафти і газу	153
<i>Майборода Є.І., Ольшевська А.Ю., Курило М.М.</i> Методи врахування геологічного ризику при освоєнні вітчизняних родовищ карбонатних порід	157
<i>Бала В.В., Курило М.М., Паюк С.О.</i> Практичні аспекти обґрунтування ціни на товарну продукцію гірничодобувних підприємств під час геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин	161

<i>Костенко Д.Т., Паюк С.О.</i> Зрілість проєкту, як індикатор прийняття управлінських рішень	168
<i>Довганич А.В., Стасишина Н.В., Ковлагіна Г.К.</i> Пропозиції щодо конкретизації (змін, доповнення) окремих підрозділів Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу	174
<i>Тимків А.Я., Фікерт І.Л., Письменний І.В., Курочкін К.С., Медведєв І.А.</i> Вплив заходів з технологічного забезпечення варіантів розробки на кінцеві коефіцієнти вилучення вуглеводнів при виконанні геолого-економічної оцінки	178
<i>Дворецька А.М., Садовнікова О.М.</i> Неможливість застосування методів УО (уявного опору) у свердловинах пробурених на розчинах з вуглеводневою основою та рекомендації щодо впровадження інших методів	182
<i>Курєна Я.С., Матвєєв А.В., Мамчур С.В.</i> Розвідка бурштину із застосуванням методу свердловинного гідророзмиву: початковий аналіз та проблематика	187
<i>Михайлів І.Р.</i> Точність обчислення запасів нафти і газу при геолого-економічній оцінці	193
<b>ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ</b>	197
<i>Федоришин Д.Д., Трубенко О.М., Федоришин С.Д., Трубенко А.О.</i> Особливості геологічної будови складнопобудованих порідколекторів неогенових відкладів за даними геофізичних досліджень свердловин	199
<i>Гнилко О.М. Муровська А.В., Богданова М.І.</i> Структура нижньокрейдових чорносланцевих утворень Сілезького покриву Українських Карпат	202
<i>Троянова Г.І., Самойлов В.В.</i> Прогнозування аномальних тисків у південно-східній частині Дніпровсько-Донецької западини за генетичною методикою	206
<i>Кривуля С.В., Пуц Д.В.</i> Перспективи освоєння слабогазонасичених та низькопористих колекторів великих родовищ газу ДДЗ	212
<i>Павлюк М.І., Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Савчак О.З., Тернавський М.М.</i> Перспективи нафтогазоносності Бітлянської структури Кросненського покриву Українських Карпат	218
<i>Федоришин Д.Д., Михайловський І.З., Федоришин С.Д., Трубенко О.М.</i> Проблеми видобутку газу та конденсату на родовищах Передкарпатського прогину	222
<i>Сурков С.В., Костів А.Л., Ковшиков А.О., Кривуля С.В., Пуц Д.В., Разінькова Н.В.</i> Перспективи пошуку покладів вуглеводнів в межах Платівсько-Граківської структурної зони	231
<i>Багрій І.Д., Паюк С.О., Дубосарський В.Р., Ярошовець-Баранова К.А., Мамишев І.Є.</i> Нарощування енергетичного потенціалу держави за рахунок нетрадиційних джерел енергії (торф, горючі сланці, буре вугілля)	235
<i>Олійник О.В., Паюк С.О.</i> Баланс між ефективністю та ризиками у контексті оптимізації інтервальності проведення геофізичних досліджень свердловин	242



<b>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</b> Проєкт рекогносцирувального обстеження території України прямошуковими методами з метою виявлення блоків для пошуків вуглеводнів та водню	247
<b>Багнюк М., Дмишко О.</b> Вплив фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів на обсяги видобутого конденсату	254
<b>Жикаляк М.В., Бондар О.П., Цьоха О.Г.</b> Мінерально-сировинна база енергетичних ресурсів – основа рентабельного розвитку паливно-енергетичного комплексу України	262
<b>Штереб В.В., Владика В.М., Коваль Р.М., Алєйнік У.В., Фікерт І.Л.</b> Особливості розробки покладів газу в породах-колекторах з невитриманими фільтраційно-ємнісними характеристиками у сарматських відкладах Більче-Волицької зони	268
<b>Святенко Г.Є., Бутенко А.В.</b> Ресурси нетрадиційних вуглеводнів візейського ярусу ДДЗ – перспективи і проблеми освоєння	272
<b>Костів А.Л., Шимановська Т.Я., Гусаров О.І., Гаракевич О.І., Мізіна О.М. Деревянко О.В.</b> До перспектив газоносності верхньовізейських відкладів в межах Петренківсько-Мачухської структурної зони	276
<b>Михалевич І.Л., Гунда М.В., Бодлак В.П., Туркус П.Б., Граб О.І., Малетич Ю.І.</b> Структурно-геологічні особливості будови та ймовірність виявлення нетрадиційних покладів вуглеводнів у палеогенових відкладах північно-західної частини зони Кросно	281
<b>Гоцинець О.С., Владика В.М., Алейнік У.В., Савчук О.В., Андрейчук М.М., Дяків Н.В.</b> Нові погляди на геологічну модель нижньосарматських відкладів північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину	285
<b>Калиній Т.В., Омельченко В.Г.</b> Дочетвертинна геологічна будова Старунського геодинамічного полігону	288
<b>Бутенко А.В., Штефура П.О.</b> Вплив результатів ГРП на зміну уявлень про граничні кондиції пластів-колекторів та запаси вуглеводнів	290
<b>Петренко А.С.</b> Нова сторінка в історії для українського газу	296
<b>Кузьмич Т.О., Касян В.Ю., Голуб О.Г.</b> ПрАТ «НАК Надра України» на шляху технічного переоснащення та відновлення ліквідованих свердловин	299
<b>Дучук С.В., Максимук С.В., Галамай А.Р.</b> Застосування комплексних геофізичних і геохімічних досліджень у пошуках нафтогазових скупчень в контексті наросування мінерально-сировинної бази України	304
<b>Галамай А.Р., Сидор Д.В.</b> Дослідження соленосних відкладів у зв'язку з пошуком нафтогазоперспективних об'єктів (термобарогеохімічне вивчення баденських соленосних відкладів Карпатського регіону)	309
<b>Скакальська Л.В., Назаревич А.В., Косарчин В.І.</b> Петрофізичні характеристики порід-колекторів ЗНГР за даними кернових та свдловинних досліджень та за прогновною методикою	314
<b>Бучинська І.В., Матрофайло М.М., Побережський А.В., Ступка О.О.</b> Геологічна характеристика та перспективи освоєння метановугільного Тяглівського родовища Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну	320
<b>Головачов О.С.</b> Нарощування енергетичного потенціалу природного газу за	326

рахунок проведення інтенсифікації пластів методом гідравлічного розриву на низькопроникних колекторах	
<i>Азімов О.Т., Багрій І.Д., Дубосарський В.Р.</i> Застосування комплексу оперативних наземних і дистанційних методів при оцінюванні перспектив нафтогазоносності площ суходолу	329
<i>Колодій І.В., Анікеєва О.В.</i> Перспективи нафтогазоносності верхньоюрських карбонатних відкладів північно-західної частини Передкарпатського прогину	335
<i>Гнилко С.Р., Кулянда М.Й, Наварівська К.О., Марченко Р.П., Віслоцька О.І.</i> Палеобатиметрія крейдово-міоценових відкладів Українських Карпат за форамініферами	339
<b>КРИТИЧНА СИРОВИНА:</b>	341
<b>ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ</b>	
<i>Литвинюк С.Ф., Баряцька Н.В.</i> Методичні підходи до оцінки ресурсного потенціалу критичної мінеральної сировини України	343
<i>Костів І.Ю., Хацевич О.М., Держко О.І.</i> Стан і перспективи відновлення виробництва сульфатних калійних добрив на Прикарпатті	353
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Апробація мобільних прямошукових методів при вивченні глибинної будови землі і пошуках корисних копалин на території України	361
<i>Гораль Л.Т., Шекета В.І., Шийко В.І.</i> Вплив тарифної політики в газопостачанні на інформаційну та соціальну безпеку в сучасному суспільстві	368
<i>Гораль Л.Т., Король С.В., Олійник А.П.</i> Методологічні аспекти тарифоутворення в газопостачанні: досвід України	371
<b>ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН</b>	377
<i>Матюха В.В., Сухіна О.М.</i> Щодо питання методології визначення розміру екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю	379
<i>Петришин В.Ю.</i> Екологічна безпека розробки родовищ мінеральних солей Західного регіону України	385
<i>Гаврилюк Р.Б., Шпак О.М., Негода Ю.О., Логвиненко О.І., Нікіташ О.Г.</i> Дослідження забруднення підземних вод нафтопродуктами в районі еко-індустріального парку Біла Церква	396
<i>Тимошенко Є.В., Іванов Є.А.</i> Сучасні технології гірничих робіт із залишенням породи у виробленому просторі у складних гірничо-геологічних умовах України	402
<i>Назаревич Л.Є., Назаревич А.В.</i> Сучасна сейсмічна активність у районах видобування вуглеводнів України і екологічні загрози	408
<i>Дідула Р.П., Кондратюк Є.І., Грицанюк В.В., Миронюк В.М., Костенко Є.А., Ільченко В.А.</i> Проблеми охорони підземних вод від забруднення	415
<i>Михайлишин Б.І., Купер І.М.</i> Екологічні ризики під час гідравлічного розриву сланцевих пластів	420

<i>Джумеля Е.А., Бернацька Н.Л., Джумеля В.А., Кочан О.В.</i> Розробка веб-інтерфейсу системи екологічного моніторингу територій впливу гірничих підприємств з використанням бібліотеки REACT	423
<i>Джумеля Е.А., Руда М.В., Шибанова А.М., Кочан О.В.</i> Відновлення ґрунтового покриву і рослинних угруповань посттехногенних ландшафтів сірчаного кар'єру	428
<i>Кочмар І.М.</i> Екологічна безпека поширення водорозчинних форм важких металів у відходах вуглевидобутку (на прикладі терикона ЦЗФ «Червоноградська»)	434
<i>Улицький О.А., Сухіна О.М., Антоненко В.М.</i> Можливі екосистемні платежі у структурі місцевих бюджетів громад Червоноградського гірничопромислового району	437
<i>Дяків В.О., Петришин В.Ю., Хевпа З.З.</i> Еволюція розвитку техногенно-активізованого соляного карсту в межах Стебницького родовища калійних солей	443
<i>Дяків В.О., Петришин В.Ю., Пилипчук Р.В.</i> Ризики активізації техногенно-активізованого карсту та превентивні заходи для їх мінімізації при розкритті та експлуатації Теремблянського родовища кам'яної солі	455
<i>Дяків В.О., Козловський В.І., Романюк Н.Д.</i> Природний та техногенно-активізований карст в межах провалу, озера, болота та торфовища «Чорний Мочар» Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття)	461
<i>Дяків В.О., Павлюк В.І., Яремович М.В.</i> Геологічні прояви, ймовірні природні та техногенні чинники активізації грязевого вулканізму в ніч з 26 на 27 квітня 2023 р. у с. Розвадів Стрийського району Львівської області	473
<i>Омельченко В.Г., Калиній Т.В.</i> Результати геологічного дешифрування аерофотознімків Старунського геодинамічного полігону	481
<b>ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД.</b> <b>ПЕРЕОЦІНКА ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД</b>	485
<i>Стеценко Б.Д.</i> Про доцільність видобутку питних підземних вод на вододілах і заплавах в межах Немирівського родовища	487
<i>Люта Н.Г., Саніна І.В., Руденко Ю.Ф.</i> До питання оцінювання якісного стану масивів підземних вод	490
<i>Медвідь Г.Б., Кость М.В., Телегуз О.В., Сахнюк І.І., Кальмук С.Д.</i> Особливості формування геохімічного складу ґрунтових вод в межах північно-західної частини Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району	493
<i>Жикаляк М.В., Маринченко М.Є.</i> Ідентифікація та розмежування масивів підземних вод східних регіонів України	498
<i>Бабов К.Д., Погребний А.Л., Цуркан О.І., Гуца С.Г., Ярошенко Н.О.</i> Удосконалення медико-біологічної оцінки якості та цінності мінеральних хлоридних натрієвих вод при їх зовнішньому застосуванні	503
<i>Якимчук М.А., Корчагін І.М.</i> Особливості глибинної будови ділянок розташування джерел із цілющою водою в Україні	509

*Триснюк В.М., Трофимчук О.М.* Моделювання природно-технічної системи гідроресурсів для безпеки об'єктів критичної інфраструктури 516

*Кондратюк Є.І.* Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод невеликих родовищ з врахуванням їх нерівномірного режиму видобування 522

*Павлюк Н.М.* Модернізація моніторингової мережі транскордонних підземних вод в рамках проєкту «EU-WATERRES» 528

#### **ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ 533**

*Башинська Ю.І.* Приклад Ісландії у використанні геотермальної енергії 535

*Лівенцева Г.А., Демчук Ю.В., Попадинець Т.П.* Невикористаний потенціал земних надр: геотермальні ресурси України та Іспанії 537

*Багрій І.Д., Васильєва І.В.* Еколого-енергетичні аспекти декарбонізації України, Молдови, Румунії та Азербайджану 544

*Михайлова Г.Ю., Лень Є.Г., Галстян І.Є., Якимчук М.М., Рудь М.О., Шевченко М.Я., Дехтяренко В.А.* Вуглецеві наноматеріали для термоемісійних перетворювачів енергії 549

*Вірило І.В., Курило М.М., Братах М.І., Паюк С.О.* Особливості застосування геотермальних ресурсів в Рамковій класифікації ООН 553

*Курило М.М., Вірило І.В., Братах М.І.* Особливості вартісної оцінки геотермальних проєктів 559

*Вірило І.В., Братах М.І., Скрипник В.В., Акімова Д.Є., Івко А.В.* Багатофакторна оцінка можливості конвертації газових родовищ в геотермальні проєкти 565

*Поп С.С., Шароді Ю.В.* Сонячна енергетика Закарпаття: стан та перспективи розвитку 571

#### **ВОДЕНЬ – ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГІЇ МАЙБУТНЬОГО 575**

*Якимчук М.А., Корчагін І.М.* Особливості глибинної будови перспективних на водень ділянок в ДДЗ, виділених за результатами традиційних геолого-геофізичних досліджень 577

*Дехтяренко В.А.* Створення композитного матеріалу на основі фази Лавеса з магнієм для акумулювання водню 584

*Лопушанська М.Р., Іванов Є.А., Вижев А.М.* Екологічні аспекти розвитку «зеленої» водневої енергетики у Львівській області 590

*Багрій І.Д., Васильєва І.В.* Обґрунтування пошукової технології водневих скупчень та геодинамічних явищ (нафтогазоносні регіони, шахтні поля, морські регіони, імпакті структури) 596

*Братах М.І., Курило М.М., Вірило І.В., Паюк С.О.* Особливості використання UNFC TA UNMRS для проєктів водню в Україні 602

# РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРІСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ







## **ВПЛИВ ГАРМОНІЗАЦІЇ З МСКО ПЕРЕЛІКУ ОСВІТЯНСЬКИХ ГАЛУЗЕЙ І СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАДРОВИХ ПОТРЕБ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ**

*Вижва С.А., д. геол. н., проф., s.vyzhva@knu.ua;  
Гожик А.П., к. геол. н., доц., andrii.gozhyk@knu.ua,  
ННІ «Інститут геології» Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна*

Введення в дію у 2015 році нового переліку галузей знань і спеціальностей на основі Міжнародної стандартної класифікації освіти (МСКО) спричинило значні трансформації у системі підготовки кадрів для геологічної галузі і забезпеченні кадрових потреб мінерально-сировинного комплексу України. З однієї сторони, гармонізація з європейськими стандартами в галузі освіти полегшила комунікацію українських викладачів і студентів з колегами із європейських університетів, привела до спрощення системи взаємного визнання документів про освіту, дозволила запровадити ряд програм подвійного дипломування, сприяла налагодженню програм академічної мобільності студентів і персоналу. З іншої сторони, відбулось розмиття традиційних рамок геологічних спеціальностей, які формувались десятиліттями і визначались потребами у фахівцях в умовах розвинутого мінерально-сировинного комплексу України, з урахуванням значного розмаїття задач і видів корисних копалин. На перших порах відбулось механічне об'єднання 21 спеціальності і 3-х галузей знань в одну спеціальність із шифром 103 «Науки про Землю», що відповідає деталізованій галузі за Міжнародною стандартною класифікацією освіти 0532 Earth sciences. У 2023 році нова команда МОН України виступила з ініціативою удосконалення переліку галузей і спеціальностей, яка в проєкті по суті нічого не змінює щодо спеціальності «Науки про Землю», але створює прецедент можливості внесення змін щодо статусу і предметного наповнення спеціальності і породила дискусію серед геологічної освітянської та наукової спільноти.

Наведені дані результатів набору студентів на спеціальність 103 «Науки про Землю» в університетах з 2019 по 2023 роки. Окремо проаналізована підготовка фахівців за освітніми програмами, що мають відношення до геологічної галузі.

## **THE EFFECT OF HARMONIZATION WITH ISCE OF THE LIST OF EDUCATION FIELDS AND SPECIALTIES FOR PERSONNEL PROVISION NEEDS OF MINERAL AND RAW MATERIAL INDUSTRIES OF UKRAINE**

*Vyzhva S., Dr. Sci. (Geol.), prof., e-mail: s.vyzhva@knu.ua;  
Gozyk A., Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, e-mail: andrii.gozhyk@knu.ua,  
Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The implementation in 2015 of a new list of fields of knowledge and specialties based on the International Standard Classification of Education (ISCE) caused significant transformations in the system of personnel training for the geological industry and provision of personnel needs of the mineral and raw material complex of Ukraine. On the one hand, harmonization with European standards in the field of education facilitated the communication of Ukrainian teachers and students with colleagues from European universities, led to the simplification of the system of mutual recognition of educational documents, allowed the introduction of a number of double degree programs, and contributed to the establishment of programs for academic mobility of students and staff. On the other hand, there was a blurring of the traditional framework of geological specialties, which were formed over decades and were determined by the needs of specialists in the conditions of the developed mineral and raw material complex of Ukraine, taking into account the significant variety of tasks and types of useful minerals. In the early days, there was a mechanical unification of 21 specialties and 3 fields of knowledge into one specialty with the code 103 "Earth Sciences", which corresponds to the detailed field according to the International Standard Classification of Education 0532 Earth sciences. In 2023, the new team of the Ministry of Education and Science of Ukraine came forward with an initiative to improve the list of branches and specialties, which in the project essentially does not change anything regarding the specialty "Earth Science", but creates a precedent for the possibility of making changes to the status and content of the specialty and generated a discussion among the geological educational and scientific community.

Data on the results of the recruitment of students for the specialty 103 "Earth Sciences" in universities from 2019 to 2023 are given. The training of specialists in educational programs related to the geological field is separately analyzed.

**Вступ.** Мінерально-сировинний комплекс є бюджетно формуючою частиною економіки України. Традиційно його ефективне функціонування є одним із важливих завдань уряду щодо забезпечення промисловості стратегічними і критичними видами мінеральної сировини. Маючи найбільше розмаїття і запаси практично всіх важливих видів корисних копалин серед європейських країн, Україна має стати основним постачальником більшості необхідних для

країн членів Європейського союзу видів мінеральної сировини. Асоціація і майбутнє членство в ЄС вимагає гармонізації європейського законодавства, переходу на європейські стандарти щодо підготовки інвестиційних проєктів, співпраці з міжнародними фондами і партнерами. Важливим фактором для цього є підготовка відповідних кадрів, що реалізовується впровадженням в Україні системи Міжнародної стандартної класифікації освіти (МСКО).

**Постановка проблеми.** Законом України «Про вищу освіту» передбачена підготовка фахівців в рамках встановлених галузей знань і спеціальностей. При цьому галузь знань – гармонізована з МСКО широка предметна область освіти і науки, що включає групу споріднених спеціальностей; спеціальність – гармонізована з МСКО предметна область освіти і науки, яка об'єднує споріднені освітні програми, що передбачають спільні вимоги до компетентностей і результатів навчання випускників; спеціалізація – складова спеціальності, що може визначатися закладом вищої освіти та передбачає одну або декілька профільних спеціалізованих освітніх програм вищої або післядипломної освіти.

Перелік галузей знань та спеціальностей розробляється на основі МСКО і затверджується Кабінетом Міністрів України за поданням центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки. Перелік галузей знань та спеціальностей розробляється з метою впорядкування освітніх програм, диференціації вимог до них, забезпечення порівнянності документів про вищу освіту, планування підготовки фахівців та збирання статистичних даних щодо вищої освіти. Заклади вищої освіти (наукові установи) самостійно розробляють і затверджують освітні програми з урахуванням вимог до відповідного рівня вищої освіти, встановлених законодавством та стандартами вищої освіти.

**Аналіз і шляхи вирішення проблеми.** Постановою Кабінету Міністрів України №266 від 29.04.2015 р. був затверджений перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (зміни від 7 липня 2021 р. № 762), згідно якого було об'єднано три галузі знань (геологія, географія, гідрометереологія) до яких входило 21 спеціальність в одну спеціальність із шифром 103 «Науки про Землю», яка відноситься до галузі «Природничі науки». Ця спеціальність відповідає деталізованій галузі за Міжнародною стандартною класифікацією освіти 0532 Earth sciences. Максимум, що вдалось зробити на той час, це деталізувати предметну область і зробити прив'язку до наявних на наукових спеціальностей, що знайшло відображення в коментарях до постанови КМУ. Зокрема було деталізовано, що спеціальність 103 Науки про Землю передбачає вивчення складу і будови Землі, у тому числі сюди відносяться геологія, геофізика, мінералогія, геохімія, вулканологія, сейсмологія та інші фізичні науки про Землю, метеорологія та інші атмосферні науки (включаючи кліматичні дослідження), гідрологія, океанологія.

Аргументація освітян і відділення наук про Землю НАН України, щодо особливого статусу геології і її важливості для економіки України, значних відмінностей з європейськими країнами щодо забезпечення мінеральними ресурсами, почуті не були. Це привело до розмиття традиційних рамок геологічних спеціальностей, які формувались десятиліттями і визначались потребами у фахівцях в умовах розвиненого мінерально-сировинного комплексу України, з урахуванням значного розмаїття задач і видів корисних копалин. Додатковим фактором пониження статусу геологічної спеціальності стало значне зменшення обсягів державного фінансування геологічної галузі, постійна ротація керівництва Мінекоресурсів і особливо Держгеонадра України. В цих умовах реформування геологічної галузі, в більшості випадків, зводилось до зменшення кількості сервісних геологічних і геофізичних підприємств шляхом їх об'єднання, а в деяких випадках і повної ліквідації.

Таблиця 1

## Результати набору за ОС бакалавр на геологічні спеціальності у 2019-2023 роках

Назва закладу	Освітня програма	2019 (суперобсяг - 324)		2020 (суперобсяг - 355)		2021 (суперобсяг - 380)		2022 (суперобсяг - 382)		2023 (суперобсяг - 370)	
		Усього рекомен- довано бюджет	Зарахо- вано бюджет	Усього рекомен- довано бюджет	Зарахо- вано бюджет	Усього рекомен- довано бюджет	Зарахо- вано бюджет	Усього рекомен- довано бюджет	Зарахо- вано бюджет	Усього рекомен- довано бюджет	Зарахо- вано бюджет
165 Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківська)	Геологія нафти і газу, геофізика, геоінформатика, інженерна геологія та гідрогеологія	25	24	28	28	37	37				
41 Київський національний університет імені Тараса Шевченка (КИЇВ)	Геологія родовищ нафти і газу; Нафтогазова геофізика							30	29	37	37
	Геологія	47	39								
41 Київський національний університет імені Тараса Шевченка (КИЇВ)	Геофізика та комп'ютерна обробка геолого-геофізичних даних	5	5								
919 Криворізький національний університет (Дніпропетровська)	Геологія та менеджмент надрокористування	0	0	57	53	65	59	38	30	34	30
282 Львівський національний університет імені Івана Франка (Львівська)	Геологія	11	9	6	5	3	3	8	8	7	7
	Геологія. Комп'ютерні технології в науках про Землю	19	16	19	19	23	19	20	18	22	20
225 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" (Полтавська)	Геологія	18	15	21	17	21	15	15	14	4	5
9 Національний університет водного господарства та природокористування (Рівненська)	Геологія нафти і газу	10	10	17	16	8	6	8	9	14	11
28 Одеський національний університет імені І. І. Мечникова (Одеська)	Геологія	5	5	3	3	4	4	8	8	8	8
	Морська геологія, гідрогеологія та інженерна геологія	7	6	11	9	22	16	9	8	6	7
62 Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (Харківська)	Геологія нафти і газу	7	7	7	7	10	8	2	6	12	12
	Геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин	5	5	6	5	6	5	1	4	5	5
	Гідрогеологія	2	2	5	4						
По всім ЗВО 103 спеціальність		274	236	337	306	377	324	261	246	299	280
По геологічним спеціальностям		161	143	180	166	199	172	139	134	149	142

Всі ці фактори привели до пониження інтересу молоді до геологічних спеціальностей. Основні ключові слова (геологія, геофізика, геохімія, гідрогеологія і т.п.) перемістились на рівень освітніх програм і перестали фігурувати серед галузей і спеціальностей

Колективом фахівців на протязі із провідних університетів України підготовлені стандарти за освітніми ступенями бакалавр, магістр і доктор філософії, в яких відмічена провідна роль геології серед всіх наук про Землю. Зокрема відмічено, що предметною областю діяльності є природні та антропогенні об'єкти і процеси у геосферах у взаємозв'язку, перетвореннях і розвитку в просторі та часі. Теоретичний зміст предметної області: основні теорії і концепції будови, фігури, складу, походження, розвитку Землі, її геосфер, планет земної групи, методології вивчення оболонок Землі і можливості їх використання для практичних потреб. Таке формулювання дозволило фахівцям із суміжних областей претендувати на державне замовлення і формування освітніх програм за спеціальністю Науки про Землю. В таблиці наведені дані про державне замовлення за період з 2019 по 2023 рік за освітнім ступенем бакалавр по всіх ВНЗ України.

Звертаємо увагу, що при можливому максимальному обсязі державного замовлення (суперобсяг) від 324 до 382 осіб на рік реальна кількість рекомендованих змінювалась від 261 до 377. Це пояснюється просто реальною відсутністю заяв абітурієнтів з високим пріоритетом на цю спеціальність. Кількість же зарахованих змінювалась від 236 до 324. Це пояснюється тим, що частина абітурієнтів віддала перевагу не навчання на бюджетній формі за спеціальністю Науки про Землю, а пішла навчатись на контрактній основі за іншими спеціальностями.

На сьогодні фахівців за геологічними спеціальностями готує 8 університетів України, а всього мають освітні програми за спеціальністю 103 Науки про Землю 30 університетів. Кількість зарахованих студентів за геологічними спеціальностями в цей період складала від 134 до 172 осіб, це приблизно 50% від загальної кількості. Чи достатньо цього враховуючи потреби галузі і того факту, що за статистикою тільки половина студентів завершує навчання і йде працювати за спеціальністю? Питання риторичне.

Особливої гостроти питання підготовки кадрів для галузі постає у воєнний та післявоєнний час в зв'язку із необхідністю відбудови території, забезпечення стратегічними і критичними видами мінеральної сировини підприємств оборонного і енергетичного комплексу.

Вирішення проблеми на думку авторів полягає в підвищенні престижу геологорозвідувальної галузі, налагодженні співпраці з основними сервісними і видобувними геологічними і геофізичними підприємствами і компаніями галузі.

#### **Список використаних джерел:**

1. Михайлов В.А., Гожик А.П., Шунько В.В. (2006). Головні засади розвитку геологічної освіти і науки в ХХІ сторіччі // Геологічна освіта та наука в ХХІ столітті. Проблеми викладання геологічних дисциплін. К.: ВГЛ „Обрії”. С. 7–11
2. Михайлов В.А., Вижва С.А. (2014). Стан і проблеми вищої геологічної освіти в Україні // Вісник КНУ. Геологія. № 3 (66). С. 61–67.
3. Михайлов В.А. (2017). Проблеми підготовки кадрів геологорозвідувальної галузі України на сучасному етапі // Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука і виробництво. М-ли IV Міжнародного геологічного форуму 19–24 червня 2017 р., м. Одеса, Україна. С. 245–249.
4. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 10 – Природничі науки, спеціальність 103 – Науки про Землю. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України N 730 від 24.05.2019 р.
5. Стандарт вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 10 – Природничі науки, спеціальність 103 – Науки про Землю. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України N 1453 від 21.11.2019 р.
6. Закон України Про вищу освіту .
7. Вижва С.А., Михайлов В.А., Гожик А.П. Проблеми і перспективи вищої геологічної освіти в Україні / Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції (2021 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). –Том 1. – К.: ДКЗ, 2021. – 324 с. С. 46-52.



## **СТАН ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНОЇ ГАЛУЗІ, ГЕОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ І НАУКИ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ**

*Павлунь М.М., д. геол. н., професор, mykola.pavlun@lnu.edu.ua,  
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна*

В геологічній галузі є немало проблем: великий ступінь відпрацьованості запасів більшості родовищ, хронічне недофінансування геологорозвідувальних робіт за стратегічними напрямками, немає відновлення мінерально-сировинної бази, відбувається динамічне звуження геологічної промислової діяльності і втрата висококваліфікованого геологічного персоналу, гірничого і бурового устаткування, лабораторно-аналітичної інфраструктури. До цього додалась проблема підготовки геологічних кадрів: геологія – наука про Землю – перебуває з 2015 року в спеціальності 103 Науки про Землю на рівні освітньої програми – чи не парадокс? Наполягаємо, що спеціальність “Геологія” є пріоритетною для забезпечення потреб економіки і оборони України і пропонуємо внести її у перелік галузей знань і спеціальностей шляхом виведення геології з освітньої програми спеціальності 103 Науки про Землю, як це було зроблено опісля 2015 року з географією. А за які заслуги? Один з найвищих за рангом Оксфордський університет видав словник (2020 рік) за назвою “Геологія і Науки про Землю”. Що ще є однією з підстав пропонованої реформи геологічної освіти в Україні.

## **GEOLOGICAL EXPLORATION INDUSTRY, GEOLOGICAL EDUCATION AND SCIENCE IN UKRAINE: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

*Pavlun M., Dr. Sci. (Geol.), professor, mykola.pavlun@lnu.edu.ua,  
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

There are many problems in the geological field: a large degree of exhaustion of the reserves of most deposits, chronic underfunding of geological exploration works in strategic areas, no restoration of the mineral and raw material base, a dynamic narrowing of geological industrial activity and the loss of highly qualified geological personnel, mining and drilling equipment, laboratory and analytical infrastructure. Added to this is the problem of training geological personnel: since 2015, geology - Earth science - has been in the specialty 103 Earth Sciences at the level of the educational program - isn't it a paradox? We insist that the specialty "Geology" is a priority for meeting the needs of the economy and defense of Ukraine, and we propose to include it in the list of fields of knowledge and specialties by removing geology from the educational program of the specialty 103 Earth Sciences, as was done after 2015 with geography. And for what merits? One of the highest-ranking Oxford University published a dictionary (2020) under the title "Geology and Earth Sciences". Which is one of the reasons for the proposed reform of geological education in Ukraine.

Геологія сьогодні – це не тільки ресурси для будь-якої діяльності людей – це дослідження та моніторинг земних процесів і прогнозування ризиків від негативних природних явищ; це основа господарчої діяльності, вміння жити в гармонії з природою та раціонально використовувати безмежний потенціал надр Землі для безпечного розвитку цивілізації; це врешті решт потужна зброя, яку РФ використовує для шантажу, тиску і затягування зашморгу на шії країн, які попали в російські тенета, бо згорнули або диверсифікували геологічну діяльність. Та і одна з причин війни – захоплення родовищ і територій, перспективних на стратегічні корисні копалини! Кожен геолог чудово орієнтується в сучасних політичних, економічних трендах і прекрасно розуміє, що той, хто недооцінює геологію, діє проти України!

Україна має майже всі види мінеральних і паливних корисних копалин. Вона володіє значними запасами корисних копалин. Згідно з даними BP Statistical Review of World Energy, станом на кінець 2018 року Україна посіла друге місце в Європі за обсягом доведених запасів природного газу, а частка України у світових запасах природного газу становила 0,6 %. Запаси руд заліза в Україні у 2018 році склали близько 4% світових запасів тощо. Вартість мінерально-сировинної бази України, за оцінками іноземних експертів, на сьогодні складає 14,7 трлн доларів.

Наша держава була й залишається потужною видобувною державою. Добре відомо, що з видобуванням і використанням корисних копалин пов'язано близько половини промислового потенціалу України і до 20 % її трудових ресурсів. Структура і потреби економіки України, її експортного потенціалу є такою, що вона найближчим часом не зможе відмовитися від видобування корисних копалин, як це відбувається нині в деяких високорозвинених країнах Європи. Адже опісля війни геологія матиме пріоритетне значення для відновлення економіки

України, забезпечення сировиною колосальних обсягів житлового і промислового будівництва, водопостачання, інженерно-геологічних вишукувань для будівництва зруйнованих міст і селищ, різних підземних і наземних споруд і будівель, автодоріг, залізничних колій..

Все наведене не означає, що в геологічній галузі України нема проблем. Найголовніші з них: значний ступінь відпрацьованості більшості родовищ; хронічне недофінансування геологорозвідувальних робіт за стратегічними напрямками і, як наслідок, нема відновлення мінерально-сировинної бази; відсутність у геологічній сфері прогресивних структурних зрушень на користь високотехнологічних видів робіт; динамічне звуження геологічної промислової діяльності і втрата висококваліфікованого персоналу, гірничого і бурового устаткування, лабораторно-аналітичної інфраструктури тощо. У сучасних умовах швидких технологічних змін існує потреба постійної актуалізації професійних знань, що забезпечується шляхом удосконалення підготовки фахівців в закладах вищої освіти. Одним з пріоритетних напрямків економічного розвитку, який також неможливо забезпечити без геологів, є зменшення ресурсної і, зокрема газової, залежності України шляхом зростання видобутку власних корисних копалин.

Вірогідний потенціал надр і, відтак, інвестиційний потенціал мінерально-сировинної бази (МСБ) – підготовленої до освоєння частини мінеральних ресурсів (МР), залежить від її вартісної оцінки і вартісної структури. Стійке функціонування МСБ, особливо її високого комерційного стану, забезпечується – з врахуванням ймовірнісної природи результативності геологорозвідки – необхідністю значного перевищення обсягів прогнозних ресурсів над оціненими запасами і таке ж перевищення оцінених запасів над розвіданими, адекватним і неперервним відновленням (поповненням) оцінених запасів над розвіданими запасами синхронно з використанням розвіданих запасів і перетоку ресурсів в оцінені і розвідані запаси. Динамічна взаємодія цих трьох компонентів МСБ – прогнозних ресурсів, розвіданих і оцінених запасів – забезпечується випереджаючими геологорозвідувальними роботами, чого уже тривалий час немає, і саме це гарантує стійке і тривале функціонування МСБ і мінерально-сировинного комплексу (МСК) з врахуванням його визначальної соціально-економічної ролі. Вони є базою розвитку різних галузей промисловості і великою долею визначають рівень розвитку світової економіки і економічний потенціал окремих країн: для прикладу, експортний потенціал МС і продуктів її переробки є однією з головних статей прибутку Канади, Австралії, Лівії, ОАЕ, ПАР, Росії, Монголії і ін., і саме так працювала геологічна служба України до початку 90-х років ХХ століття, сформувавши багатющий і інвестиційно дуже привабливий потенціал надр нашої держави.

Натомість зараз є проблемні питання інвестицій, серед яких загальні нормативно-правові, судові, податкові, банківські, не завершене формування ринку, а в частині МС його відсутність тощо. Але поза ними немало таких, що стосуються винятково стану МСБ, яка в багатьох аспектах не готова до інвестування. І це необхідно оперативно виправляти. Що саме?

До фундаментальних належить неможливість і небажання інфантильної держави профінансувати ГРР і видобувну галузь через банальне нерозуміння їхнього геополітичного, економічного і стратегічного значення, порівняно тривалий час економічного відтворення немалого капіталу (ніхто не хоче чекати), геологічні, економічні, екологічні та інші ризики, що трансформуються в бізнесові. Але це виняткова специфіка цього вкрай необхідного бізнесу. Коли він запущений (Канада, Австралія, ПАР та ін.), ці причини самі по собі зникають, натомість експлуатація МСБ приносить великі дивіденди. То, може, ще почекаємо? Адже у нас пропонують реформування і інвестування усього, тільки не МСБ, мовляв, ми що, сировинна держава, необхідне купимо. Але для чого, якщо маємо своє, і за що? Натомість це стосується тих держав, де внаслідок історико-геологічного формування надр, особливостей гетерогенності, гетерохронності, іноді майже ізотропної будови геотектонічних структур сформована така металогенія, де МСБ як такої або не має, або ж вона ледь помітна. Україна, на щастя, такою не є! За обсягами і різновидами МСБ – *традиційних* Fe, Mn, U, Ti, Zr, S, каолінів, графіту, вугілля, нафти і газу, кам'яної і калійної солей, п'єзооптичного кварцу, флюсової сировини (карбонатних порід і флюориту), цеолітів, різних будівельних матеріалів, *нетрадиційних* «вітамінів» сучасної промисловості – рідкісних і рідкісноземельних елементів, банківських і високотехнологічних Au, Ag, Pt і металів її групи, Cu, Pb, Zn, прогностично алмазів у кімберлітах і лампроїтах тощо – на одиницю площі і на одного жителя вона перебуває в «клубі» дуже небагатьох найбагатших

країн світу. І це без врахування високої додаткової вартості, яка з'являється фактично з нульового рівня, коли МР розвідані, а підраховані і підготовлені запаси зазнали експлуатації і збагачення та переробки. Разом з тим вона її майже не використовує, а усе зростаючу частину МС намагається імпортувати (тобто, фінансує інші держави) на тлі все зростаючої вартості сировини та зменшення купівельної спроможності. Як при цьому реанімувати і розвивати сучасну промисловість і економіку загалом, коли про МСБ успішно «забули»? То як бути з інвестиційним потенціалом?

Має прийти розуміння, що для реанімації і розвитку потенційно багатющого гірничо-геологічного комплексу – основи розвитку промисловості і цивілізації – необхідно здійснити його реальну реструктуризацію і вагому вітчизняну і зарубіжну інвестиційну підтримку з адекватними змінами економічних підходів до оцінки і сучасних форм реалізації гірничих проєктів видобутку і переробки МС. Але це неможливо зробити без випереджуючого здійснення крупномасштабних геолого-знімальних робіт, геологічних розшуків і розвідки родовищ, належної геолого-економічної оцінки їхнього промислового значення, у тім числі в напрямку збільшення кількості вилучення супутніх корисних компонентів. Разом з переоцінкою пасивних запасів МС і їхнім переведенням в активно-комерційні треба здійснювати загальнодержавну передліцензійну підготовку перспективних площ як самостійний прогнозно-металогенічний вид робіт на підставі теоретичного (металогенічного) і геолого-економічного обґрунтування потенційних рудних районів і полів – привабливих об'єктів інвестиційних вкладень, особливо золота, алмазів, платини, самородної міді, лантаноїдів, рідкісних елементів, урану та ін., у тім числі нових рудно-формаційних типів. Треба, нарешті, повністю здійснити створення державних, регіональних і локальних банків даних і баз знань по пріоритетних районах і мінеральних типах родовищ, створювати високоінформативні прогнозно-розшукові комплекси і прогресивні методи експертної оцінки перспективних площ і об'єктів, тотально запровадити в переоцінку потенціалу МСБ ГІС-програми і цифрові карти (у Китаї, для прикладу, їх більше 300!).

Переоцінка запасів і потенціалу надр має бути завершена в грошовому вигляді як сума цінності розвіданих запасів і прогнозних ресурсів МС дохідним методом. І хоч він визначає вартісну оцінку без врахування дисконту, а точність розрахунків не дуже висока, бо відсутні обґрунтовані дефлятори для переведу видатків минулих років (коли були розвідані і обраховані запаси) в сучасні ціни, разом з тим Всесвітній банк вирізняє його як найоб'єктивніший для відображення стану і можливостей розвитку МСБ. Усе це треба донести до транснаціональних гірничо-геологічних корпорацій, які на сьогодні контролюють > 70 % світового видобутку і переробки корисних копалин. Вони теж відображають глобалізацію світової економіки і в частині функціонування МСК консолідували його і перетворили у взаємопов'язану систему світового господарського механізму, де Україна має бути присутня.

Отже, залучення інвестиційних проєктів освоєння різних видів МС у цьому найризикованішому бізнесі найбільше залежить від якості і достовірності геологічної інформації, вірогідності підрахунку і перерахунку запасів, їхньої якості, комплексності переробки МС і постстадійної геолого-економічної оцінки. Тільки тоді надійні і всебічні оцінки родовищ корисних копалин разом з банківським ТЕО мінімізує інвестиційні ризики, які завжди присутні, і є гарантією залучення фінансів до реалізації завжди капіталомістких проєктів з експлуатації і переробки запасів МС.

Стан геологічної освіти в Україні вкрай незадовільний. Загалом з 2015 року у вищій освіті відбулись суттєві зміни. Головними змінами у геологічній освіті України є скорочення кількості закладів вищої освіти, їхнього фінансування, обсягів державного замовлення, оптимізація складу науково-педагогічного і допоміжного персоналу. На геологічну освіту особливо вплинуло скорочення спеціальностей, за якими здійснюється навчання у ЗВО. Власне стагнація геологічної освіти розпочалась 2015 року з недолугої освітянської реформи, коли стрімко скоротили перелік спеціальностей, за яким готують фахівців у ЗВО.

Декілька історичних фактів. У попередньому переліку (постанова Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2010 р. № 787) в циклі природничих наук визначеношість геологічних спеціальностей для підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів. Це: геологія, гідрогеологія, геофізика, геоінформатика, геологія нафти і газу, геохімія та мінералогія. Але, як бачимо з

наступної постанови КМУ № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» від 29 квітня 2015 р., для держави неактуальна підготовка спеціалістів, які б модернізували ресурсну базу, просували новітні методи вивчення земної речовини, вміли шукати ті чи інші корисні копалини і змогли б надати оцінку багатствам надр України.

**Спеціальності «Геологія» в запропонованому переліку нема.** Згідно порівняльної «Таблиці відповідності Переліку напрямів, за якими здійснювали підготовку фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра, магістра та Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 року № 266» (Наказ Міністерства освіти і науки № 1151 від 06.11.2015 р. «Про особливості запровадження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 року № 266») шість геологічних спеціальностей, 8 географічних і 7 гідрометеорологічних об'єдналив одну – 103 Науки про Землю, навівши стисле роз'яснення: спеціальність 103 Науки про Землю «включає дослідження складу і будови Землі включно із гідросферою і атмосферою, у тому числі: геологія, геофізика, мінералогія, геохімія, вулканологія, сейсмологія, геоморфологія, фізична географія та інші науки про Землю, метеорологія та інші атмосферні науки (включаючи кліматичні дослідження), гідрологія, океанологія, палеоекологія». Результатом такого оновлення переліку галузей знань і спеціальностей стало запровадження нових галузевих стандартів в освіті - геологія зникає з освітніх програм. А колишні шість геологічних спеціальностей так завуальовані і штучно з'єднані з географічним циклом дисциплін у спеціальність «Науки про Землю», що не зрозуміло чи у геологічній освіті є майбутнє, чи ні.

8 лютого 2017 року на Урядовому порталі оприлюднена Постанова Кабінету Міністрів про оновлення переліку галузей знань і спеціальностей для вищих навчальних закладів, зміни в яку вносили відповідно до пропозицій вищих навчальних закладів, об'єднань роботодавців і державних органів. Зокрема, з спеціальності Науки про Землю вилучили географічні дисципліни (перелік доповнено новою спеціальністю 106 «Географія»), залишивши без розгляду пропозицію геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка та пізніше спільну пропозицію директорів різних геологічних інститутів НАН України і провідних геологічних факультетів України про вилучення геологічних дисциплін з Наук про Землю і доповнення переліку навчальних спеціальностей спеціальністю «Геологія». Наразі в синтетичній штучно створеній спеціальності 103 Науки про Землю є суміш освітніх програм (ОП) геологічного, гідрометеорологічного спрямування, і деякі ЗВО залишили ще і географічні дисципліни.

Проаналізуємо тренди вступних кампаній на бакалаврат денної і заочної форм навчання останніх (2020–2022) років. Зазначимо таке.

1. Фіксуємо зменшення ЗВО, які готують геологів. Поміж них є екзотичні ЗВО з підготовки фахівців з «Наук про Землю». Водночас перелік ЗВО, де геологічні освітні пропозиції є незмінними і містить 10 ЗВО, серед яких провідними є Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Львівський національний університет імені Івана Франка, Криворізький національний університет, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

2. Освітні програми, за якими ЗВО готують фахівців в межах спеціальності Науки про Землю, поділені на 3 групи: геологічні, не геологічні, неясного спрямування.

3. Кількість конкурсних пропозицій за спеціальністю загалом зменшується від 127 у 2020 році до 121 у 2022 р.; водночас зростає кількість пропозицій освітніх програм з геології з 17 у 2020 році до 46 у 2022 р.

4. Кількість державних пропозицій бюджетних місць (за результатами широкого конкурсу) спеціальності Науки про Землю незначно зросла з 355 у 2020 до 382 у 2022 р.

5. Внаслідок вступної кампанії 2022 року на геологічні ОП і бюджетну форму навчання поступило 128 студентів; на контракт 25 студентів. Інформація про результати вступної кампанії 2020 р. наразі не доступна.



6. Наш майбутній кадровий потенціал для галузі – усього 128 студентів. Вони складають 34 % від загальної кількості студентів, які вступили на бюджет за спеціальністю «Науки про Землю»; решта 254 (або 66 %) - це студенти негеологічних ОП або ОП нечіткого спрямування.

**Зазначені факти про стан у вищій геологічній освіті є неприпустимим, оскільки:**

*по-перше*, призведе до поступового знищення спочатку геологічної освіти, а надалі і геології загалом;

*по-друге*, це не відповідає світовим тенденціям розвитку геології;

*по-третьє*, небезпечна ілюзія думати, що реформування геологічної галузі можуть виконати фахівці інших (економічних чи юридичних спеціальностей);

*по-четверте*, за такої кількості майбутніх геологів у геологічній галузі нема перспектив для розвитку.

Ми вважаємо, що спеціальність «Геологія» є пріоритетною для забезпечення потреб економіки України і наполягаємо внести її у перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти так: виокремити спеціальність «Геологія» з спеціальності «Науки про Землю», як, до речі повторимось, зробили це з географією; її виокремили з «Науки про Землю», і тепер географічні факультети мають спеціальність «Географія». Натомість геологія – наука про Землю! – і далі перебуває в 103 спеціальності Науки про Землю на рівні освітньої програми! Чи не парадокс?

Отже, допоки ми не реанімуємо цю галузь, не наситимо її фахівцями різних геологічних спеціалізацій (а їх сьогодні в ній практично не залишилося, тому тут велике завдання уряду і вищих навчальних закладів це вирішити – сьогодні на навчання на цей демотивований фах практично ніхто не йде, бо геологорозвідувальні роботи різного призначення не проводяться), не залучимо геологічної науки, адже будь-яке практичне питання геології – це наукове питання, це питання наукового супроводу академічними і галузевими інститутами геологорозвідувальних робіт, жодна гармонізація з нормативно-правовими, економічними й іншими ринковими чинниками формування та функціонування мінерально-сировинної бази у глобалізованому світі нічого не змінять і ніякого позитиву для нас не дадуть.



## **ЗМІНИ ЗАКОНОДАВСТВА ЯК ЧИННИКИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ І ТРАНСФОРМАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ТА ОЦІНКИ ЗАПАСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

*Нецький О.В., OleksiiNetskiy@gmail.com;*

*Паюк С.О., golova@dkz.gov.ua;*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

Окреслено зміни законодавства, що стосуються проведення Державною комісією України по запасах корисних копалин державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Визначено дискусійні питання, що обговорюються під час проведення державної експертизи, які є предметами подальших досліджень. Методичні підходи до вирішення цих питань удосконалюватимуть і спрощуватимуть процедуру проведення державної експертизи.

## **AMENDMENTS IN LEGISLATION AS FACTORS OF FURTHER DEVELOPMENT AND TRANSFORMATION OF STATE EXAMINATION AND ASSESSMENT OF MINERAL RESERVES**

*Netskyi O., OleksiiNetskiy@gmail.com;*

*Paiuk S., golova@dkz.gov.ua;*

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Amendments to legislation related to the state examination and assessment of mineral reserves by the State Commission of Ukraine on Mineral Resources have been outlined. Debatable issues discussed during the state examination procedure and those requiring further research have been defined. Methodical approaches to solving these issues will allow us to improve and simplify the state examination procedure.

**Вступ.** У грудні 2022 року прийнято Закон України № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами" [1] (далі – Закон), який набрав чинності в березні 2023 року і став фактично підґрунтям для впровадження реформ надрокористування, чинником втрати чинності, а також внесення до змін низки нормативно-правових актів, у тому числі і тих, що стосуються проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин (далі – державна експертиза).

Законом внесено зміни до Кодексу України про надра, зокрема, що стосуються проведення державної експертизи, закладено напрями її подальшого розвитку, виокремлено особливе місце Державної комісії України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ) в розрізі проведення державної експертизи.

Проведення державної експертизи регламентоване статтею 45 Кодексу України про надра [2] (далі – Кодекс), в якій визначено, зокрема, що ресурси та запаси корисних копалин ділянок надр, а також запаси корисних копалин, додатково розвіданих у процесі розробки родовищ корисних копалин, підлягають державній експертизі та затвердженню ДКЗ.

Порядок і умови проведення ДКЗ державної експертизи, мета, основні завдання і принципи державної експертизи встановлені відповідним Положенням [3], що затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 № 865 (далі – Положення № 865). У липні 2023 р. постановою Кабінету Міністрів України від 04.07.2023 № 749 "Про внесення змін та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо користування надрами" [4] (далі – Постанова № 749), яка набрала чинності 26.07.2023 р., внесені зміни до Положення № 865, а також зміни до Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2004 № 1374 [5], якою встановлено, що при розрахунку ціни спеціального дозволу використовуються результати проведення державної експертизи, зокрема, висвітлені в протоколах ДКЗ.

**Актуальність проблеми.** Незважаючи на зміни в законодавстві залишаються дискусійними окремі питання, що є дотичними як до умов і порядку проведення державної експертизи, так і до діяльності ДКЗ загалом. Так потребують концептуального обговорення, методичного обґрунтування або, подекуди, пошуків оптимальної моделі їх вирішення такі питання:

– обґрунтування термінів: "раціональний напрям використання корисних копалин", "технічна неможливість розробки родовища корисних копалин";

– урегулювання і підтвердження практичною реалізацією процедур: 1) використання РКООН-2009 [6], класифікації CRIRSCO [7], PRMS [8] та інших міжнародних стандартів; 2) розподілу запасів родовищ корисних копалин; 3) розширення меж ділянок надр; 4) державної експертизи геологічних матеріалів, що обґрунтовують зміну кількості водозабірних споруд; 5) геологічного вивчення корисних копалин, відмінних від тих, що вказані в спеціальному дозволі; 6) визначення геопросторових даних розміщення запасів та ресурсів корисних копалин;

– обґрунтування репрезентативних показників ціни, що використовується при розрахунку початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами;

– актуалізації чинної Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, інструкцій (методичних документів) щодо її застосування;

– осучаснення державної експертизи як складової системи надрокористування.

Дослідження щодо методичного обґрунтування, якісної реалізації питань, які схарактеризовані вище, сприятимуть удосконаленню підходів до проведення державної експертизи, спрощенню і прозорості використання її результатів, що має особливу актуальність для зменшення часу доступу до надр, підвищення ефективності їх використання як у поточний час, так і після Перемоги України у війні з росією і початку відновлення територій де проводились бойові дії.

**Виклад основного матеріалу.** *Обґрунтування термінів: "технічна неможливість розробки родовища корисних копалин", "раціональний напрям використання корисних копалин".*

Проблема тлумачення термінології, яка застосовується вперше або відсутня в інших нормативно-правових актах в багатьох випадках є наскрізним каменем проблем в галузі надрокористування і переважно не вирішується шляхом компіляції визначень зі словників, адже визначає процедуру і послідовність дій і заходів, пов'язаних з певними юридичними, економічними та іншими наслідками.

Окремою процедурою отримання спеціального дозволу на користування надрами, закріпленою в законодавстві, є процедура, що пов'язана з технічною неможливістю розробки родовища корисних копалин. Пропонується термін "технічна неможливість розробки родовища корисних копалин" розглядати як неможливість видобування запасів у межах частини ділянки надр (родовища) через: 1) наявність у її межах (або поза межами) об'єктів для яких неможливими є їх практичне перенесення, забезпечення цілісності і властивостей, або охорони (збереження) під час розробки запасів, що підтверджується листами (погодженнями) балансоутримувачів таких об'єктів, вимогами чинних нормативно-правових актів; 2) гірничо-геологічні умови.

Проблематику терміну "раціональний" пропонується вирішувати шляхом ототожнення цього поняття з метою користування надрами, що зазначена в спеціальному дозволі на користування надрами, первинно наданому на користування ділянкою надр і в цілому підвищуючи значення мети користування надрами в контексті державного управління наданих у користування спеціальних дозволів. Значення мети користування надрами має уточнюватись (деталізуватись) відповідно до результатів геологічного вивчення ділянок надр під час проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин, шляхом визначення інших можливих напрямів використання корисної копалини, видів товарної продукції, відображення серед них тих, що фактично реалізуються користувачем надр і тих, що можуть бути реалізовані, наприклад, для досягнення максимального економічного (тобто в цьому розумінні також раціонального) використання ділянки надр, наданої у користування.

*Використання РКООН-2009, класифікації CRIRSCO, PRMS та інших міжнародних стандартів.*

Впровадження і використання результатів оцінки запасів за міжнародними стандартами неодноразово обговорювалось на заходах різного рівня і знайшло своє відображення в нормах чинного законодавства, зокрема, про те, що під час здійснення державної експертизи та оцінки ресурсів та запасів корисних копалин за заявою користувача надрами можуть використовуватися міжнародні стандарти. Відкритими залишаються питання використання таких результатів для державного обліку запасів корисних копалин України, практичного застосування розроблених ДКЗ методичних підходів з цього питання для порівняння (співставлення) результатів.

*Розподіл запасів родовищ корисних копалин. Розширення меж ділянок надр.*

Питання розподілу запасів родовищ корисних копалин і розширення меж ділянок надр тісно пов'язане із співвідношенням понять "родовище" і "ділянка надр". В інструкціях ДКЗ із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, розроблених до родовищ різних видів, містяться визначення поняття родовища для таких видів корисних копалин. Наприклад, в Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод [9] визначено, що родовища питних або технічних підземних вод – водні об'єкти в надрах з підрахованими експлуатаційними запасами і просторово визначеними межами, у яких природним чином чи штучно створені сприятливі умови для видобування й подальшого використання питних або технічних вод. Ділянки надр у спеціальних дозволах на користування надрами, що надаються стосовно підземних вод, не містять просторово визначених меж, а ідентифікуються тільки водозабірними спорудами, що, наприклад, зумовлює ототожнення відкритого родовища підземних вод тільки з інженерною спорудою, зумовлює появу колізій щодо застосування до родовищ підземних вод процедур розподілу запасів родовищ корисних копалин, розширення меж ділянок надр.

Під час проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин розглядаються обґрунтування меж, у яких природним чином чи штучно створені сприятливі умови для видобування й подальшого використання питних або технічних вод. Такі межі зазначають на планах підрахунку експлуатаційних запасів підземних вод, що є складовими звітів з геолого-економічної оцінки і можуть бути геопросторово відображені в просторі, використані для ідентифікації частин родовища підземних вод – ділянок родовища.

Окремої уваги заслуговує питання розподілу запасів родовищ корисних копалин на окремі об'єкти надрокористування, що виокремлене в законодавстві в самостійну норму в контексті відчуження прав на користування надрами. На перший погляд, відчуження права на користування надрами між ділянками надр для раніше розвіданого родовища, має теоретично дозволяти іншому користувачу надр отримати таке право на ділянку надр, що залишатиметься після розподілу запасів родовища, проте показники геометричних параметрів і обсягу запасів корисних копалин у межах такої ділянки можуть виявитись такими, що не характеризуватимуть розподілену ділянку надр і як перспективний об'єкт інвестування, і як взагалі ділянка родовища в цілому. Тому необхідним є обґрунтування критеріїв для обґрунтування ділянок, що розподілятимуться зі складу родовища з метою збереження їх економічного і промислового потенціалу, опрацювання механізмів застосування такої процедури до родовищ (ділянок надр) підземних вод (наприклад, випадок наявності в спеціальному дозволі на користування надрами однієї свердловини). Невиключеним є те, що застосування розподілу запасів для різних видів родовищ корисних копалин може мати свої особливості.

*Державна експертиза геологічних матеріалів, що обґрунтовують зміну кількості водозабірних споруд.*

У загальному випадку питання щодо кількості водозабірних споруд необхідних для забезпечення потреби у воді, відноситься до типу оптимізаційних задач [10], що вирішуються поваріантними рішеннями, спрямованими на визначення схеми проєктного водозбору з оптимальною (як правило мінімальною) кількістю свердловин, необхідних для виконання як оцінки експлуатаційних запасів у цілому, так і для визначення розрахункових показників і гідрогеологічних параметрів, що такі запаси обґрунтовують. Зміна кількості водозабірних споруд виникає, насамперед, через необхідність продовження водозабезпечення підприємств за рахунок нових водозабірних споруд, облаштованих на заміну існуючим, які вийшли з ладу, а також для нарощування водовідбору з родовища в цілому.

Підхід, що пропонується для проведення процедури зміни кількості водозабірних споруд у складі робіт, результати яких розглядатимуться в ДКЗ, доцільно реалізовувати в декілька етапів: 1) консультативно-методична допомога з боку ДКЗ за результатами якої власне обґрунтовуватиметься необхідність зміни схеми водозбору з подальшою зміною або без неї кількості експлуатаційних запасів підземних вод; 2) внесення змін до спеціального дозволу на користування надрами; 3) проведення державної реєстрації робіт та досліджень з геологічного вивчення надр; 4) проведення обґрунтування експлуатаційних запасів підземних вод за результатами випробування нової схеми водозбору.

*Геологічне вивчення корисних копалин, відмінних від тих, що вказані в спеціальному дозволі.*

Статтею 16 Кодексу визначені права користувачів надр, серед яких право проводити дорозвідку (довивчення) родовищ у межах наданої йому ділянки надр, а також право внести зміни до спеціального дозволу на користування надрами після здійснення державної експертизи такої нововиявленої копалини ДКЗ. При цьому, у випадку корисних копалин, що розробляються відкритим способом, виникає питання унормування проведення процедури геологічного вивчення нововиявленої корисної копалини, яка залягає нижче корисної копалини, зазначеної у спеціальному дозволі, оскільки її геологічне вивчення може трактуватись як його проведення без спеціального дозволу. Мінімізація ризиків користувачів надр у такому випадку відбуватиметься за умови фіксації робіт з геологічного вивчення нововиявленої корисної копалини під час проведення державної реєстрації робіт з геологічного вивчення надр; за умови виконання робіт у декілька етапів, подібних до схарактеризованих вище при обґрунтуванні зміни кількості водозабірних споруд.

*Геопросторові дані розміщення запасів та ресурсів корисних копалин.*

У зв'язку зі змінами законодавства [4] поняття геопросторових даних розміщення запасів та ресурсів корисних копалин (далі – геопросторові дані) невід'ємно пов'язане з поняттям геолого-економічної оцінки, оскільки включене до її визначення.

На початковому етапі проведення державної експертизи із встановлення геопросторових даних головною проблематикою, зумовленою первинним впровадженням такої процедури є наступні аспекти: імплементація існуючого законодавства щодо геопросторових даних у процедуру проведення державної експертизи; обґрунтування геопросторових даних меж родовищ корисних копалин, що розробляються відкритим способом, а також підземних вод, зокрема, відображених в інших системах координат; окреслення основних видів даних, що мають бути викладені як геопросторові дані для різних видів родовищ корисних копалин і які підлягають експертизі; вибір оптимального формату збереження геопросторових даних; відображення результатів експертизи геопросторових даних у рішеннях колегії ДКЗ, оформлених протоколами.

*Обґрунтування репрезентативних показників ціни, що використовується при розрахунку початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами.*

Постановою № 749 застосовується показник ціни одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини), що отримується, зокрема, від ДКЗ. Для окремих видів корисних копалин матеріали геолого-економічних оцінок яких не часто розглядаються ДКЗ, які не є предметами торгів на біржах, або ціна для яких не регулюється, актуальним є питання репрезентативності показника ціни одиниці товарної продукції гірничого підприємства, який, у свою чергу, залежить від багатьох чинників (регіону, поширеності, кон'юнктури тощо). У зв'язку з цим розробка методичних підходів для обґрунтування показника ціни одиниці товарної продукції гірничого підприємства для різних випадків і особливостей корисних копалин є доцільною.

*Актуалізація чинної Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, інструкцій (методичних документів) щодо її застосування;*

Зміни в законодавстві щодо проведення державної експертизи пов'язані з необхідністю актуалізації положень Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (далі – Класифікація України), затвердженої понад 25 років тому постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 [8], а також інструкцій (методичних документів) щодо її застосування.

Напрямами актуалізації положень Класифікації України є:

- осучаснення і встановлення нової термінологічної бази;
- переінтерпретація важливості чинників категоризації запасів, зокрема, на першому місці мають розглядатись соціальні екологічні і економічні чинники життєздатності проєктів надрокористування;

- переобґрунтування змісту існуючих тривалий час кодів класів (221, 222) і обґрунтування змісту нових кодів класів, що введені в 2018 році шляхом внесення змін до Класифікації України (341, 342, 343, 344);

- зміна інструкцій (методичних документів) щодо застосування Класифікації України у частинах ступеня геологічної вивченості і достовірності запасів.

*Державна експертиза як складова системи надрокористування.*

Проведення процедури державної експертизи та оцінки запасів як складової системи надрокористування має відповідати всім сучасним тенденціям розвитку такої системи в Україні. В цьому розумінні подальшого розвитку потребує цифровізація окремих результатів державної експертизи, реінжиніринг її окремих процесів.

**Висновки.** Результати державної експертизи, що проводить ДКЗ, використовуються відповідно до законодавства, зокрема, по напрямках:

- надання спеціальних дозволів;
- визначення плати за надання спеціальних дозволів;
- визначення сучасного промислового значення запасів і ресурсів родовищ корисних копалин;
- державний облік запасів і ресурсів родовищ корисних копалин;
- визначення податкових зобов'язань користувачів надр.

Впровадження змін законодавства в частинах, що стосуються державної експертизи, встановлюють нові напрями її подальшого розвитку, подекуди потребують методичного обґрунтування, підтвердження практичним досвідом реалізації.

#### **Список використаних джерел:**

1. Закон України № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами". Офіційний вісник України від 10.01.2023 – 2023 р., № 2, стор. 99, стаття 85, код акта 115714/2022.
2. Кодекс України про надра. Відомості Верховної Ради України від 06.09.1994 – 1994 р., № 36, стаття 340.
3. Про затвердження Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 № 865. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>.
4. Про внесення змін та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо користування надрами. Постанова Кабінету Міністрів України від 04.07.2023 № 749. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/749-2023-%D0%BF#Text>.
5. Про затвердження Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.10.2004 № 1374. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1374-2004-%D0%BF#Text>.
6. Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций Обновленный вариант 2019 года. Електронний ресурс: [https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/1922546\\_R\\_ECE\\_ENERGY\\_125\\_WEB.pdf](https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/1922546_R_ECE_ENERGY_125_WEB.pdf).
7. The International Reporting Template for the public reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. Електронний ресурс: <https://www.criirco.com/template/>.
8. The Petroleum Resources Management System (PRMS). Електронний ресурс: <https://www.spe.org/en/industry/reserves/>.
9. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. Наказ ДКЗ від 04.02.2000 № 23. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0109-00#Text>.
10. Оценка запасов подземных вод / Б.В. Боровский, Н.И. Дробноход, Л.С. Язвин – 2-е изд., перераб. и доп. – К., 1989. – 407 с.

## **K-MINE, ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ У СФЕРІ НАДРОКОРИСТУВАННЯ**

*Назаренко М.В., д. тех. н., mvn@k-mine.com,  
Група компаній KAI, м. Кривий Ріг, Україна*

Розглянуто можливість використання єдиного програмного забезпечення K-MINE, як єдиної системи, що дозволяють практично повністю охопити процеси інформаційного забезпечення у сфері надрокористування. Геоінформаційна система K-MINE дозволяє забезпечити взаємодію з органами державного контролю між собою та з надрокористувачами.

## **K-MINE AS A VERSATILE TOOL IN SUBSOIL USE**

*Nazarenko M., Dr. Sci. (Eng.), mvn@k-mine.com,  
KAI Group, Kryvyi Rih, Ukraine*

This Article delves into the utility of the unified K-MINE Software as a comprehensive system capable of handling virtually all aspects of information support in subsoil use. The K-MINE geographic information system facilitates seamless communication among government regulatory bodies and subsoil users.

Сьогодні у науківців та надрокористувачів вже чітко сформувалося розуміння переваг інформатизації процесу управління мінерально-сировинною базою. Моделювання родовищ корисних копалин стало невід'ємною складовою загального геологорозвідувального процесу та виконується від ранніх до кінцевих стадій експлуатації родовищ.

Моделювання з використанням геоінформаційних систем (ГІС) являє собою прогресивну методику обробки вихідної розрізної інформації, сприяє підвищенню достовірності оцінки ресурсів на всіх стадіях ГРП і зниженню ризиків прийнятих на їх основі рішень: від прогнозу перспективності родовища до оцінки вартості його відпрацювання та визначення прибутковості.

В нашій країні відсутність єдиної системи і систематичного підходу в процесі цифровізації у сфері надрокористування не дозволяє досягти високого рівня ефективності від впровадження інформаційних технологій. Незважаючи на наявність багатофункціональних геоінформаційних систем та беручи до уваги їх недоліки існує необхідність використання різноманітних програмних продуктів, котрі тільки в сукупності дозволяють вирішувати певний спектр завдань таких як:

- перерахунок різноманітних систем координат;
- обробка графічних матеріалів ДЗЗ (космічні знімки, дані аеро-фото та наземних зйомок);
- геомеханіка і розрахунок стійкості гірничого масиву;
- створення 3-D моделей родовищ та оптимізація кінцевих контурів кар'єрів;
- моделювання шахтних виробок, та оптимізація відпрацювання шахтного поля.

Зважаючи на це у користувачів виникає необхідність придбання, навчання та користування у великій кількості різноманітних програмних продуктах, що ускладнює обмін інформацією між фахівцями на підприємствах та взаємодію з органами державного контролю.

Сьогодні на ринку існує багатофункціональна геоінформаційна система K-MINE, котра дозволяє повністю охопити процеси інформаційного забезпечення у сфері надрокористування [1], а саме:

### **Уніфікація даних:**

- система може співпрацювати з будь-якими промисловими БД: MS SQL, Oracle, PostgreSQL, MySQL тощо;
- реалізовані алгоритми експорту та імпорту даних з найбільш розповсюдженими гірничо-геологічними інформаційними системами та загальноприйнятими форматами;
- використовує компоненти системи збору і обробки даних для, взаємодії з апаратними і периферійними пристроями.

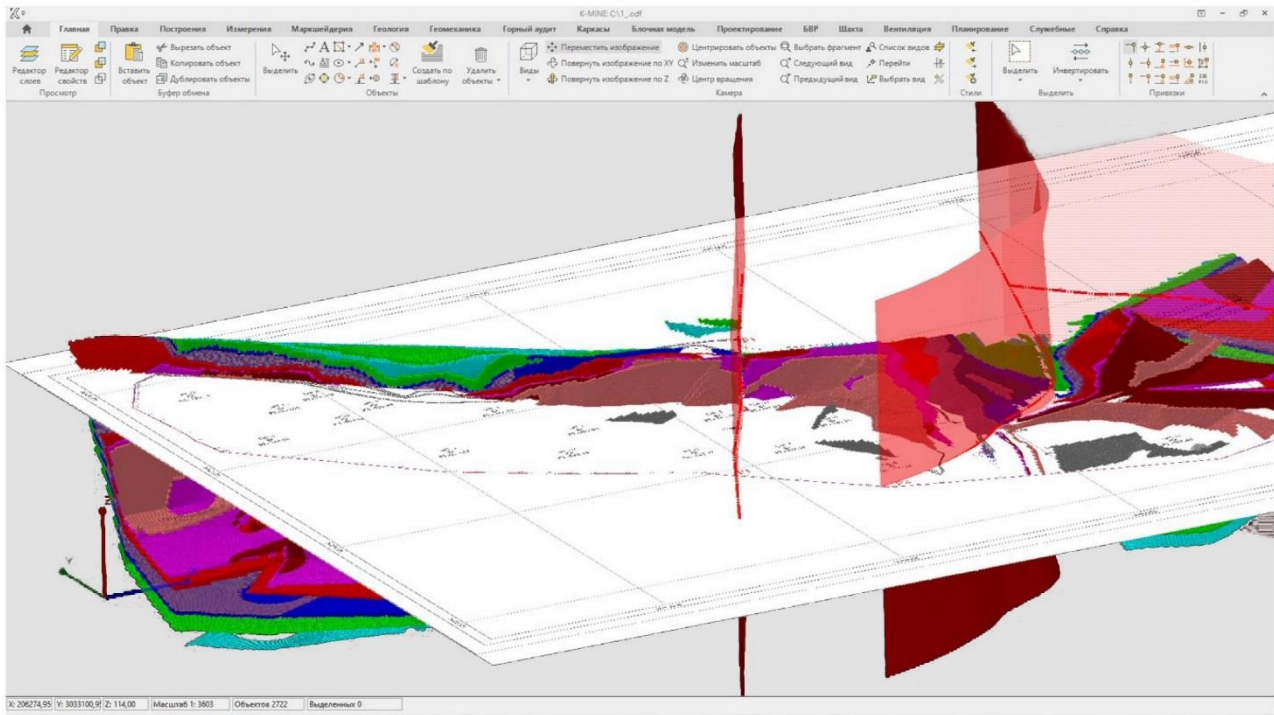
### **Геологічне забезпечення на стадії пошуків і розвідки родовищ корисних копалин:**

- накопичення, обробка і аналіз даних досліджень (геофізичних, геохімічних, петрографічних, технологічних тощо);

- підготування і візуалізація матеріалів у вигляді карт, схем проведення досліджень;
- підготування проєктів ГРП;
- математична обробка матеріалів досліджень тощо.

#### **Топографо-геодезичне забезпечення:**

- підтримка та перерахунок різних систем координат (WGS-84, СК-42, СК-63, УСК-2000, місцеві та умовні координатні сітки);
- зв'язок з картами сервісу Google Map;
- складання картографічних матеріалів різного цільового призначення (рис. 1);
- обробка графічних матеріалів (космічні знімки, дані аеро-фото та наземних зйомок);
- моделювання рельєфу і поверхонь для різних масштабів (у тому числі 3D).



**Рис. 1. Приклад створення каркасної моделі на основі оцифрованих графічних матеріалів**

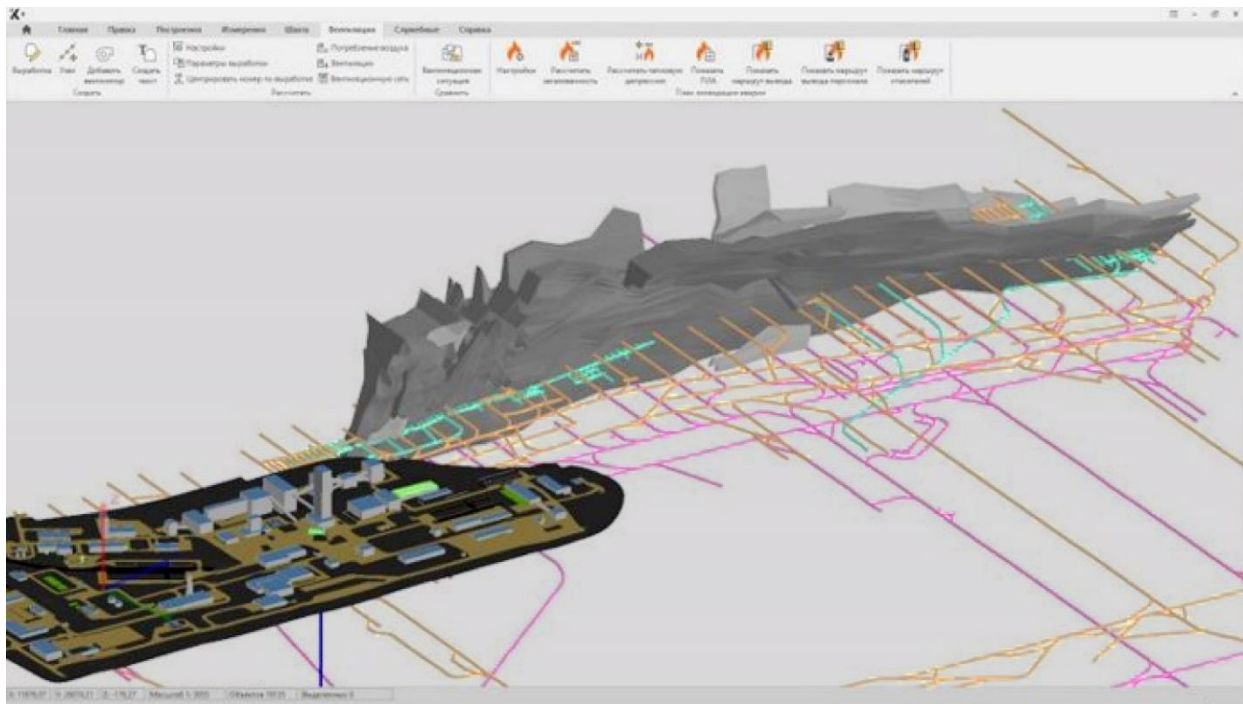
#### **Моделювання родовищ корисних копалин:**

Дозволяє виконувати повний комплекс завдань для формування тривимірних моделей родовищ корисних копалин різного виду. Розроблені моделі можуть бути використані для аудиту родовищ, створення аналогових моделей, оцінок запасів і ресурсів за різними системами класифікації, проєктування, планування роботи гірничих підприємств тощо.

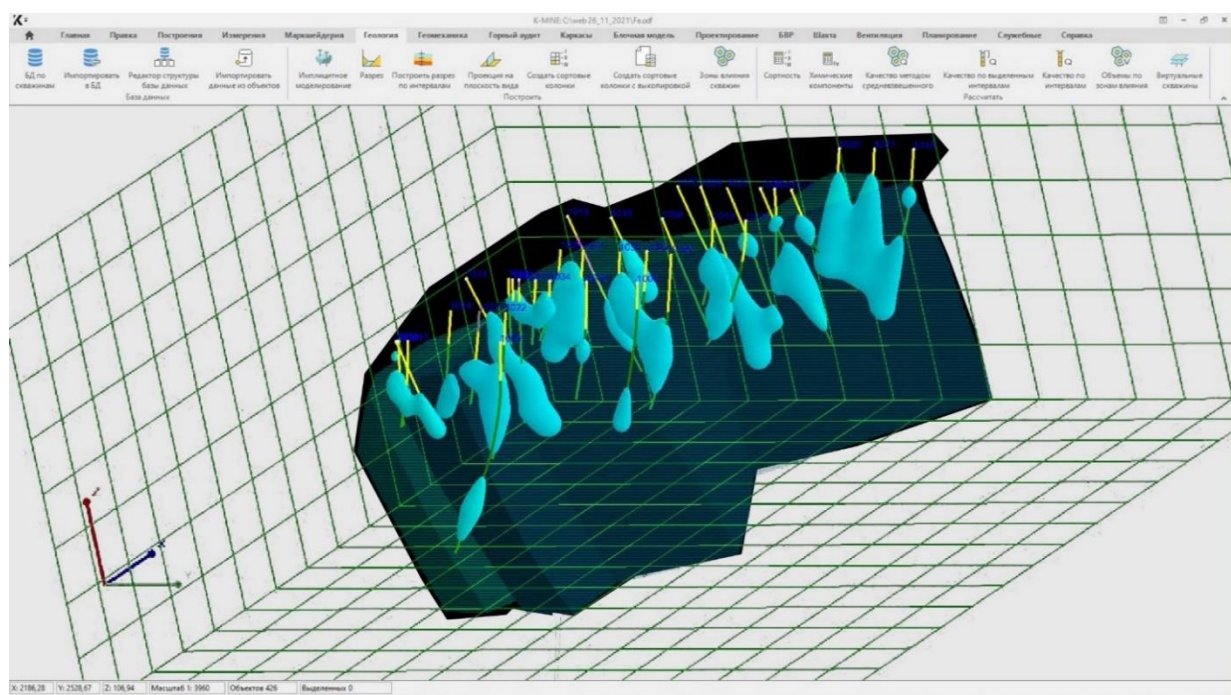
К-MINE дозволяє здійснювати каркасне моделювання всіх необхідних об'єктів – рудної мінералізації, стратиграфічних, технологічних різновидів, підземних гірничих виробок, об'єктів інфраструктури тощо. Приклад поєднання каркасних моделей корисної копалини, гірничих виробок та об'єктів поверхні представлений на рис. 2.

Моделювання при цьому може здійснюватися як класичними методами з використанням традиційних блокових моделей, так і з використанням спеціальних методів формування пластових моделей родовищ, а також існує програмний інструментарій імпліцитного моделювання. Приклад каркасного моделювання імпліцитним методом представлений на рис. 3.





**Рис. 2. Пример соединения каркасных моделей полезной ископаемой, горных выработок та объектов поверхности**



**Рис. 3. Пример каркасного моделирования имплицитным методом**

### **Геолого-экономическая оценка запасов:**

Використання цифрових математичних моделей при виконанні геолого-економічної оцінки дозволяє розширити можливості аудиту родовища: від створення математичної моделі родовища (ітераційний підхід до обґрунтування параметрів кондицій і вибір оптимальних з множини варіантів, оконтурення рудних тіл з координатною прив'язкою у просторі без проєкцій на площину, візуалізація та детальний аналіз морфології покладу, уточнення тектонічної будови родовища), до проведення варіограмного аналізу, інтерполяції вмісту корисного компоненту, підрахунку запасів за створеною геолого-промисловою моделлю та об'єднання її з динамічною економічною моделлю родовища, обґрунтування оптимального проєктного контуру кар'єра за



методикою Лерча-Гросмана [2, 3]. Приклад проведення геостатистичного аналізу представлено на рис. 4.

Спільне моделювання підземної і наземної інфраструктури, поєднане з аналізом ризиків, дозволяє вирішувати безліч актуальних завдань на якісно новому рівні. Інтегрована модель об'єднує в собі геолого-технологічну модель, поєднану з технологією оцінки ризиків і оцінкою економічних параметрів.

Реалізована можливість оцінки запасів у різних системах класифікації, використання класичних методів підрахунку, а також методів, що базуються на використанні тривимірних моделей.

K-MINE також дозволяє здійснювати оцінки запасів і ресурсів за різними системами класифікації, зокрема згідно кодексу JORK, NI 43-101 на всіх стадіях розвитку проекту MRE, PEA, PFS, FS:

- Mineral Resource Estimate (MRE);
- Preliminary Economic Assessment (PEA);
- Pre-Feasibility Study (PFS);
- Feasibility Study (FS).

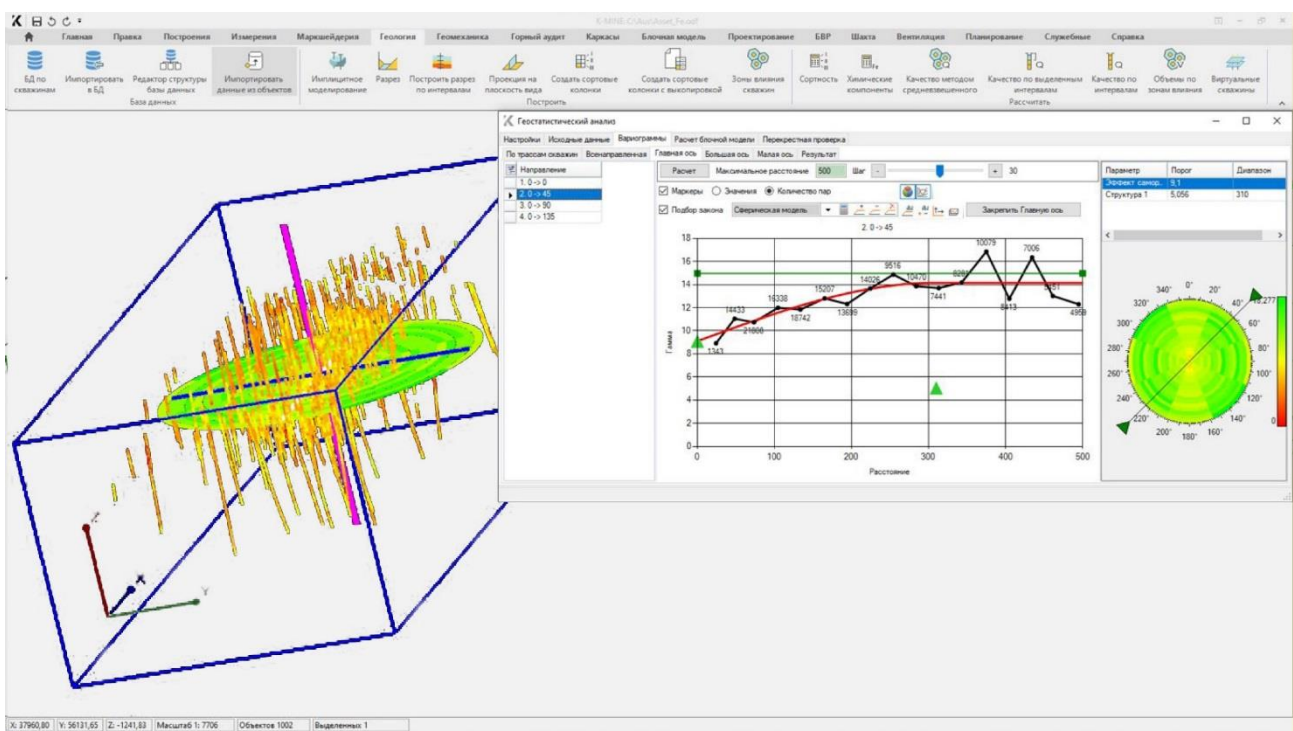


Рис. 4. Приклад проведения геостатистичного аналізу

#### Стадія експлуатації родовищ корисних копалин:

- проектування гірничих робіт;
- планування гірничих робіт;
- проектування буро-вибухових робіт (для підприємств, що виконують відбірку гірничої маси за допомогою енергії вибухів);
- геомеханіка і розрахунок стійкості;
- оперативне управління роботою гірничо-транспортного обладнання.
- Використання математичної моделі родовища на стадії експлуатації дозволяє виконати:
- прогноз видобутку при різних концепціях розвитку родовища;
- оптимізацію режимів роботи обладнання;
- визначити і обґрунтувати спосіб і систему розробки родовища;
- забезпечити безпечність ведення гірничих робіт;
- оптимізувати систему управління якістю корисних копалин;

- управління родовищем в режимі on-line.

### **Моніторинг і науковий супровід.**

Реалізовано можливість створення єдиного електронного сховища, в якому доступ до даних зручний і зрозумілий для різних рівнів контролю і управління [4].

Містить набір програмних засобів для організації завдань моніторингу та наукового супроводу об'єктового рівня. Дозволяє:

- накопичувати первинну геологічну, технологічну, нормативно-правову, екологічну та виробничо-експлуатаційну інформацію про стан об'єкту моніторингу;
- аналізувати стан об'єкту моніторингу шляхом порівняння поточних і архівних даних (динамічний моніторинг стану);
- визначати відповідність процесів надрокористування на об'єкті відповідно до вимог чинного законодавства;
- аналізувати у часі стан виконання приписів і рекомендацій;
- формувати зведену звітність тощо.

### **Після експлуатаційна стадія.**

- оцінка екологічних наслідків роботи гірничих підприємств та їхній вплив на навколишнє середовище
- розробка заходів щодо зменшення негативних наслідків
- геомеханічні спостереження за станом руху земної поверхні на землях, порушених гірничими роботами;
- складання проєктів рекультивації.

Універсальність комплексних цифрових математичних моделей родовищ корисних копалин об'єктового рівня, створюваних у K-MINE, підтверджена багаторічним досвідом їх використання у різних галузях надрокористування, на підприємствах з видобутку корисних копалин відкритим і підземним способами, геолого-розвідувальних підприємствах, науково-дослідних і проєктних установах, державних геологічних підприємствах, вищих навчальних закладах.

Підхід з використанням K-MINE як єдиної системи управління дозволяє, по-перше, значно прискорити процес проєктування та введення системи в експлуатацію, по-друге, вирішує питання щодо відповідності форматів обміну даними між підсистемами, по-третє, значно зменшує загальну вартість системи і прискорює її впровадження.

### **Список використаних джерел:**

1. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС K-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; під ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.
2. Stuart N. J. Pit optimization using solid modelling and the Lerchs Grossman algorithm / N. J. Stuart // Int. J. Surface Mining & Recl. – 1992. – № 6(1). – P. 19–30.
3. Peter Kwagyan. Archireco Application of Modified Conditional Simulation and Artifical Neural Network to Open Pit Optimization / Peter Kwagyan. – Halifax: Dalhousie University Daltech, 1998. – 179 p.
4. Наукове супроводження геологічних об'єктів з метою оптимізації використання ресурсів надр (моніторинг надрокористування) / за ред. Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці, 2015. – 592 с

## **МІСЦЕ ТА РОЛЬ ДНВП «ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ» В СУЧАСНОМУ НАДРОКОРИСТУВАННІ**

*Бовсунівський П.В., к. політ. н., доцент, p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,  
ДНВП «Геоінформ Україна», Київ, Україна*

Доповідь присвячена висвітленню ролі ДНВП «Геоінформ Україна» в умовах процесів діджиталізації адміністративних послуг у галузі надрокористування та відкриття геологічної інформації. Автор інформує про вже впроваджені сервіси та плани розробки нових інформаційно-комунікаційних систем. Окремо характеризується підхід Підприємства до надання послуг громадянам та суб'єктам господарювання.

## **PLACE AND ROLE OF SRDE «GEOINFORM UKRAINE» IN MODERN SUBSOIL USE**

*Bovsunivskiy P., Cand. Sci. (Pol.), associate professor, p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,  
SRDE «Geoinform Ukraine», Kyiv, Ukraine*

The report is devoted to highlighting the role of the SRDE «Geoinform Ukraine» in the conditions of administrative service digitalization processes in the field of subsoil use and the disclosure of geological information. The author provides information about already implemented services and plans for the development of new information and communication systems. The Enterprise's approach to providing services to citizens and business entities has been separately characterized.

Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «Геоінформ Україна») має давню історію та традиції. 2019-го підприємству виповнилося 100 років. Державний інформаційний геологічний фонд пройшов шлях від бібліотеки при Українському геологічному комітеті в 1919 році до сучасного багатопрофільного науково-виробничого підприємства, що не лише здійснює державне (постійне) зберігання результатів робіт і досліджень з геологічного вивчення надр, а й забезпечує створення, первинне наповнення й оновлення різноманітних баз даних, інформаційних систем. Постановою Кабінету Міністрів України від 8 листопада 1996 року № 1366 підприємству надано статус галузевого державного архіву.

Створення галузевої інформаційної системи розпочалося в 1994 році, що нині включає дані про каталог фонду геологічних матеріалів, базу геолого-геофізичної вивченості території України, державний кадастр родовищ і проявів корисних копалин, державний баланс запасів корисних копалин, інформацію про спеціальні дозволи на користування надрами, пробурені нафтогазові свердловини, техногенні об'єкти, екзогенні процеси, державний водний кадастр в частині підземних вод, тощо. Протягом років кількість баз даних та обсяг інформації зростає, проте більшість інформації залишалася закритою та не була доступна широкому загалу.

Після Революції гідності відбулися тектонічні зміни, що посприяли відкриттю даних про спецдозволи та багатства українських надр. Інформація про спеціальні дозволи на користування надрами була вперше відкрита на сайті Геоінформу у 2014 році, у 2018 році прийнято Закон України «Про забезпечення прозорості у видобувних галузях», Постанову Кабінету Міністрів України про Порядок розпорядження геологічною інформацією. Сфера надрокористування перестала бути закритою, а інформація про українські надра стала більш доступною і відкритою. У 2020 році значним кроком вперед став Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», що вніс норми про поняття та створив підстави для розвитку геопорталів. Вагомим досягненням є перехід сфери надрокористування на світову систему координат WGS-інформацію у відкритому доступі та загальноприйнятому форматі, доступному для використання та перевірки не вузькопрофільними професіоналами.

Разом з відкриттям інформації про спеціальні дозволи на користування надрами Уряд України розпочав політику «відкритих дверей» у надрокористуванні. 2019 року Держгеонадра розробили й опублікували «Інвестиційний атлас надрокористувача», проведення аукціонів з продажу дозволів на користування надрами стало регулярним та на основі профільної постанови Кабінету Міністрів України. Саме аукціон визнано основним способом отримання надр у користування, кількість підстав для отримання спецдозволів без торгів обмежено.

Головною перепорою залучення інвестицій у галузь було визначено надзвичайну зарегульованість, що зумовлювала тривалі строки розгляду заяв надрокористувачів та створювала корупційні ризики. З метою дерегуляції було розроблено низку законодавчих актів, вінцем яких став Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами», що вступив у силу наприкінці березня 2023 року.

Основні заходи для імплементації Закону та діяльність Держгеонадр базуються на запровадженні цифрових рішень у сфері надання адміністративних послуг щодо отримання, продовження, внесення змін до спеціальних дозволів за принципом «paperless» та «peopleless», розширені прав надрокористувачів на розпорядження активами шляхом запровадження вільного обігу дозволів та встановлення чітких строків розгляду заяв, обмеження підстав для їх повернення чи відмови в розгляді.

Ключовим елементом реформи стало впровадження Електронного кабінету надрокористувача (Е-кабінет). Це система, що об'єднала всіх стейкхолдерів процесу від формування заяви, її подачі, погодження, прийняття рішення й формування електронного бланку дозволу. Функціонал Е-кабінету, що передбачений Положенням про його функціонування, є значно ширшим: реєстрація РДГВН (форма 3-Гр), подача щорічної звітності балансових запасів (форми 5-Гр, 6-Гр, 7-Гр) і про виконання програми робіт, інформування Геоконтролю про усунення порушень зазначених в приписі тощо.

Створення, впровадження й адміністрування Е-кабінету надрокористувача реалізовано фахівцями ДНВП «Геоінформ України» у тісній співпраці з Держгеонадрами. Наразі розроблені та функціонують сервіси Е-кабінету щодо отримання, продовження, внесення змін до спецдозволу. Подання, опрацювання та погодження заяв на отримання спецдозволів здійснюється в кабінеті через відповідні автоматизовані робочі місця. Система приведена у відповідність законодавству та активно функціонує з квітня 2023 року.

В розробці знаходяться сервіс подання заяв та їх опрацювання для реєстрації РДГВН (форма 3-Гр), після затвердження й оприлюднення змін до форм 5-Гр, 7-Гр розпочнуться роботи щодо створення відповідного програмного забезпечення, згодом – форми 6-Гр.

Е-кабінет вже довів свою ефективність. Станом на початок вересня 2023 року через нього сформовано, подано й опрацьовано близько 650 заяв. Значно спростилося оформлення заяви, а в разі її залишення без розгляду заявник може легко та швидко виправити зауваження у збереженому проєкті та подати її повторно. Раніше це займало тижні або й місяці.

Родзинкою системи є просунута ГІС, що дозволяє заявнику відобразити власні координати на інтерактивній мапі, побачити інші подані заяви та дійсні спеціальні дозволи, контури об'єктів природно-заповідного фонду, адміністративно-територіальний поділ. Наразі через обмеження воєнного стану відображення геопросторової інформації про спецдозволи та заяви не здійснюється. Система може автоматично визначати та прибирати перетини з іншими об'єктами, визначати координати куткових точок.

Основою для розгортання цифрових сервісів надання адміністративних послуг і баз даних став розроблений у 2021 році ДНВП «Геоінформ України» Державний геологічний веб-портал (nadra.gov.ua), що реалізує принцип інтерактивного доступу до баз даних та зосередження інформаційних ресурсів в одному місці. Портал отримав схвальні відгуки від міжнародних експертів, що проводили його аналіз та оцінку для проєкту Європейського банку реконструкції та розвитку. Держгеонадра планують його подальший розвиток та модернізацію.

Оновлений Кодекс про надра передбачає створення Єдиної державної електронної геоінформаційної системи користування надрами (ЄДЕГС). Ця система фактично є інтерфейсом доступу через мережу інтернет до баз даних, які створило та веде Підприємство. Для адміністрування і надання доступу до цих баз передбачено створення електронного кабінету ЄДЕГС. Для надання доступу через WEB частина баз даних має бути модернізована, адже створювалася ще в середині 90-х минулого століття, як складова галузевої інформаційної системи. Реалізація ЄДЕГС не лише дозволить підвищити прозорість даних, а й покликана значно зменшити адміністративне навантаження на співробітників Держгеонадр і Геоінформу, що опрацьовують тисячі запитів на отримання інформації від громадян, правоохоронців,

адвокатів, суб'єктів господарювання. Створення відповідних інформаційних систем і можливості доступу до них має суттєво скоротити таке навантаження.

Кодексом України про надра передбачено створення державних реєстрів, як складових ЄДЕГС: Державний реєстр спеціальних дозволів на користування надрами, Державний реєстр нафтових та газових свердловин, Державний реєстр артезіанських свердловин. Прийняття порядків ведення згаданих реєстрів влітку 2023 року дає можливість привести їх статус та інформаційне середовище до вимог Закону України «Про публічні електронні реєстри». Згадані реєстри мають бути створені на основі баз даних, що функціонують.

Великі сподівання на покращення доступу до геологічної інформації шляхом її оцифрування, створення геопросторових даних раніше розвіданих та оцінених родовищ Підприємство покладає на проєкт Європейського банку реконструкції та розвитку «Україна: Реформування та розвиток галузі критичної мінеральної сировини: Модернізація управління геоданими, Фаза 1 – Початковий процес оцифрування документів». Геоінформ є ключовим виконавцем цього проєкту. Контракт на виконання його завдань укладено на підставі Меморандуму про співробітництво між Держгеонадрами та ЄБРР, підписаного в листопаді 2022 року. Наразі триває пілотна фаза, котра розпочалася в серпні 2023 року та розрахована на 6 місяців. Пілот передбачає оцифрування 5000 книг геологічних звітів про родовища та прояви стратегічних та критичних корисних копалин, закупівлю обладнання для пришвидшення сканування. Проєкт має опцію продовження ще на 2,5 роки з цільовими показниками: 60 000 книг геологічних звітів, розвиток Державного геологічного порталу та інфраструктури баз даних.

Політика «відкритих дверей» у сфері надрокористування проголошена Урядом значно підвищила попит з боку суб'єктів господарювання на отримання консультативних послуг з підбору об'єктів для геологічної розвідки чи видобування, підготовки пакетів документів для отримання дозволу без аукціону чи виставлення його на аукціон. Для задоволення попиту ДНВП «Геоінформ України» значно розширив перелік послуг, що надаються, постійно їх оновлює, створює всі можливості для залучення інвестицій у галузь. Налаштування зрозумілого та прозорого механізму отримання інформації суб'єктами ринку в Геоінформі сприяє підвищенню інвестиційної привабливості галузі, нівелює ризики створення умов «ексклюзивності» доступу до надр і корупційного середовища.

Таким чином, процеси діджиталізації адміністративних послуг і відкриття геологічних даних в галузі, що відбуваються в останні роки суттєво підвищили роль ДНВП «Геоінформ України» як адміністратора та технічного адміністратора баз даних і реєстрів, що створювалися десятиліттями. Підприємство є технічним виконавцем політики, що реалізує Держгеонадра та основним репозитарієм геологічних знань в Україні. В умовах російської агресії частина чутливих даних закрита для широкого загалу, проте доступ надано представникам органів державної влади, місцевого самоврядування, правоохоронцям через ідентифікацію особи засобами ЕЦП. Після нашої перемоги повний доступ до Державного геологічного порталу буде відновлено, а процес відкриття даних та забезпечення їх транспарентності буде продовжено. Підприємство активно залучає інвестиції в галузь надрокористування через прозорий і зрозумілий механізм надання послуг, продовжує забезпечувати функціонування галузевого геологічного архіву, інформаційних систем і баз даних в умовах обмеженого фінансування.

## ГЕОЛОГІЧНІ ЗНАННЯ ЯК ОСНОВА НОВОГО НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ

*Багрій І.Д.<sup>1</sup>, д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net;*

*Вдовиченко А.І.<sup>2</sup>, акад. АТН України, проф., vdovichenkoai@gmail.com;*

*Ярошовець-Баранова К.А.<sup>3</sup>, аспірант, zigankov1927@gmail.com;*

*1 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна;*

*2 – Академія технологічних наук України, м. Київ, Україна;*

*3 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

Анотація. В роботі висвітлена проблема формування нового наукового світогляду суспільства на основі сучасних геологічних знань, які не підтверджують так звану «теорію» Опаріна про випадкове виникнення живого із неживого і «теорію» еволюції Дарвіна, яку він особисто під кінець свого життя піддав великому сумніву. Останні наукові дослідження і математичні розрахунки виключають вірогідність таких явищ. Історична геологія, палеонтологія і стратиграфія не має достатньо переконливих масових доказів еволюційного процесу розвитку фауни і флори. Прикладом цього є надзвичайно раптова з'ява скам'янілих відбитків квіткових рослин у геологічному літописі Землі, не знайдені проміжні форми. Панування псевдонаукових теорій у світогляді, зокрема і про антропогенний вплив на глобальні зміни клімату, вивела суспільство на хибний шлях розвитку, який гальмує розумне використання безмежного і екологічного потенціалу земних надр. У цих умовах особливе значення набуває проведення масштабних заходів по формуванню в суспільстві нового наукового світогляду, ґрунтованого на сучасних уявленнях про глобальні процеси, що відбуваються в земних надрах (геологічні знання), і їх домінуючого впливу на довкілля, життєдіяльність людей, тваринний і рослинний світ.

**Ключові слова:** науковий світогляд, геологічні знання, теорія еволюції, земні надра, палеонтологія.

## GEOLOGICAL KNOWLEDGE AS THE BASIS OF A NEW SCIENTIFIC WORLDVIEW

*Bahrii I.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Professor, bagrid@ukr.net;*

*Vdovychenko A.<sup>2</sup>, acad. ATS of Ukraine, Prof., vdovichenkoai@gmail.com;*

*Yaroshovets-Baranova K.<sup>3</sup>, postgraduate, katerina.yaroshovetseo\_33@ukr.net;*

*1 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Academy of Technological Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;*

*3 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

**Abstract.** The paper highlights the problem of forming a new scientific worldview of society on the basis of modern geological knowledge, which does not confirm the so-called "theory" of Oparin about the accidental emergence of the living from the inanimate and the "theory" of Darwin's evolution, which he personally questioned at the end of his life. Recent scientific research and mathematical calculations exclude the possibility of such phenomena. Historical geology, paleontology, and stratigraphy do not have sufficiently convincing evidence of the evolutionary process of fauna and flora. An example of this is the extremely sudden appearance of fossilized prints of flowering plants in the geological record of the Earth, and the absence of intermediate forms. The dominance of pseudoscientific theories in the worldview, including those about anthropogenic impact on global climate change, has led society on a false path of development that hinders the reasonable use of the unlimited and ecological potential of the Earth's subsoil. In these conditions, it is of particular importance to take large-scale measures to form a new scientific worldview in society based on modern ideas about global processes occurring in the Earth's interior (geological knowledge) and their dominant impact on the environment, human activity, flora and fauna.

**Keywords:** scientific worldview, geological knowledge, theory of evolution, earth's interior, paleontology.

**Вступ.** Світогляд – це погляди людини і суспільних груп на навколишній світ, які визначають їх поведінку. Науковий світогляд формується на підставі законів, які ретельно перевірені наукою і переконливо підтверджені практикою. Саме науковий світогляд відіграє ключову роль у визначенні оптимальних напрямів розвитку суспільства.

Основою наукового світогляду є об'єктивні знання навколишнього світу, розуміння минулого і сучасного світу, цілісне бачення його наукової картини [12]. В сучасних умовах особливого значення у формуванні наукового світогляду набувають геологічні знання.

**Виклад основного матеріалу. Метою досліджень є** привернення уваги суспільства до сучасних геологічних знань для суттєвого їх впливу на формування нового наукового світогляду.

Знання будови земних надр і процесів, що в них відбуваються, та їх істотного впливу на довкілля і життєдіяльність людини дозволяють вчасно розробляти масштабні ефективні заходи попередження глобальних негативних наслідків та раціонально використати потужний і неосяжний потенціал глибинних ресурсів.

Людина, як уважав В.І. Вернадський, через науково-технічний прогрес створила суттєво нові відношення між природою і своїм існуванням, які призвели до становлення епохи ноосфери, епохи розуму. На жаль, сьогодні ми спостерігаємо, що не завжди створене розумом людини узгоджується з законами розвитку природи і позитивно сприяє цьому розвитку. Щораз частіше маємо змогу переконатися у зворотному, коли створене нами і нам на благо, пагубне для природи.

Академік В.І. Вернадський визначив, що науковий світогляд – це уявлення про явища, що доступні науковому вивченню, а також певне ставлення до оточуючого нас світу, а кожне явище знаходить пояснення, що не суперечить основним принципам наукового пошуку [1]. Він також робить висновок, що невід’ємною частиною наукового світогляду є дані, отримані не лише за допомогою наукових методів, а розвивається в тісному нерозривному взаємозв’язку та є невіддільним від інших соціально значущих форм діяльності і духовних сторін людського життя. На його думку основні риси наукового пізнання будуть незмінними, яку б галузь науки ми не взяли як вихідну: всі вони приведуть до одного наукового світогляду, підкреслюючи і розвиваючи деякі його частини. Формування та розвиток наукового світогляду залежить від розвитку різних наукових галузей та суспільства в цілому. Науковий світогляд не є якоюсь окремою ланкою певного історичного періоду чи епохи, він пронизує весь розвиток людства і протягується до нових наукових відкриттів, нового наукового світогляду [2].

Питання формування нового наукового світогляду на основі сучасних досягнень в геологічній науці висвітлені в роботах українських науковців Вдовиченка А.І., Єрмакова П.П., Єрмакова М.П., Лівенцевої Г.А., Крочак М.Д. тощо [3, 4, 11].

Вагомий внесок у формування нових геологічних знань у світогляді внесли академіки Гожик П.Ф., Лукін О.Ю., науковці нафтогазової геології Петровський А.П., Коваль А.М., Багрій І.Д. [5, 6].

В даній роботі автори спробували довести особливу роль геологічних знань в об’єктивній оцінці деяких поглядів на глобальні процеси виникнення і розвитку життя.

Геологія є однією з фундаментальних дисциплін. Якщо ще 200 років тому всю суму геологічних знань можна було вмістити в одній книзі, то нині існує більше ста геологічних спеціальностей, фактичний матеріал по кожній з яких складе не один десяток томів. Історична геологія, палеонтологія та інші геологічні науки вивчають історію розвитку Землі на підставі досліджень окам’янілих залишків всього живого і неживого, що колись існувало, а також структур, форм і складу земних надр.

На із вічне питання виникнення живого із неживого палеонтологи можуть відповісти, що за всю історію існування цієї науки поки що не знайдено жодного факту, який би підтвердив явище перетворення неживого в живе. Явище перетворення живого в неживе спостерігається всюди і усіма науками та переконливо підтверджено досвідом всього людства від сотворіння і до нині.

Якщо процес виникнення живого із неживого був можливий, то закономірності його описувались би математично на основі діючих законів фізики і біохімії, а рівень розвитку сучасних інформаційних технологій дозволяє відтворити модель любого теоретично обґрунтованого процесу і підтвердити його експериментально. Поки що відсутні опубліковані повідомлення навіть про намагання здійснити подібні дослідження, що свідчить про неможливість існування такого явища. Звідси виникає питання, як зміг академік Опарін свої абсолютно необґрунтовані домисли назвати «теорією» виникнення життя на Землі і навіть знайшов підтримку деяких авторитетних вчених? Про абіогенне походження органічних сполук було доведено багатьма відомими вченими ще до Опаріна [6]. Але процес переходу від неживої органіки до живих організмів, навіть самих найпростіших, є нескінечно складним, і жодного наукового доводу, хоча би самого елементарного, він цьому не надав. Якщо врахувати, в догоду яким панівним суспільно-політичним силам радянського періоду (1924–1930), нікому до цього невідомий, асистент Опарін висловив свою думку, то звісно вона була відразу підхоплена без усяких дискусій.

Не знайшовши жодних підтверджень переходу неживого в живе, думку про вічність життя розвивали видатні вчені Г. Гельмгольц, У. Томпсон, В.І. Вернадський та ін. Дослідники



вважали, що життя настільки ж вічне й повсюдне, як матерія, й зародки її постійно подорожують в космосі [7].

Багато справжніх відомих вчених здійснили математичні розрахунки, які доказують, що вірогідність події перетворення простого неживого в досконале живе дорівнює нулю. Це все одно що мавпі надрукувати текст драми Шекспіра «Гамлет» в результаті безладного і безкінечного клацання по клавішам друкарської машинки [8, 9].

Свою «теорію» еволюції Дарвін в останні роки свого життя особисто піддав великому сумніву. Він не зміг пояснити чому квіткові рослини так нагло з'явилися на юрсько-крейдовій межі. **З'ява скам'янілих відбитків квіткових рослин у геологічному літописі Землі є надзвичайно раптовою – вчені не можуть віднайти проміжних форм, які могли б зв'язати покритонасінних з їх гіпотетичними предками.** Вчені висунули цілу низку різних гіпотез, однак, жодна із них нездатна дати вичерпну і ґрунтовну відповідь. Палеонтологія однозначно нас заводять у пізній тріас, але, здавалося б, рослини із такими значущими перевагами чомусь зайняли у екосистемах панівне положення, причому дуже раптово без еволюції, після появи у ранній крейді [10].

Дарвін не створив еволюцію: він сформулював і обґрунтував перший на той час зрозумілий будь-якій розсудливій людині механізм змін у ланцюгу розвитку, тобто механізм еволюції. Це принцип природного добору та виживання найбільш пристосованого. При цьому він зовсім не вважав, що це істина в останній інстанції. У висновку до своєї роботи він пише, що зовсім не виключає інших теорій, що можливі інші закони та шляхи еволюції, і просить, щоб його теорію розглядали лише як один із варіантів розвитку живого на планеті [13].

Відомо, і це встановлено досить чітко, що в біосфері, в усій спільноті живого, існують численні переноси спадкового матеріалу серед незв'язаних між собою організмів. Перенос є, а от його реалізації може й не бути. Люди і тварини постійно з'їдають гігантську кількість чужої генетичної інформації, певна її кількість потрапляє в кров і навіть у клітини. Та це не призводить до змін геному конкретної живої істоти, оскільки існує система захисту від проникнення чужорідної інформації.

Опитування, проведене газетою USA Today, показало: чверть опитаних заявили, що ставлення до теорії еволюції є важливою ознакою, яка певним чином характеризує політика. 15% громадян Америки готові віддати свої голоси за кандидата в президенти країни, який не вірить у теорію еволюції, але 28% вважають несприйняття еволюції серйозним мінусом для політика й схильні не підтримувати такого кандидата на виборах. Це підтверджує наскільки важливим є роль світогляду в діяльності суспільства [13].

Найбільш дивовижне є те, що відомі вчені світового рівня, такі як завідувач відділу Інституту ядерних досліджень НАН України Владислав Ольховський, директор Інституту проблем штучного інтелекту НАН України Анатолій Шевченко і старший науковий співробітник Інституту епідеміології та інфекційних захворювань АМН України Валентин Жалко-Титаренко виступили категорично проти теорії еволюції і наполягають ввести в підручники з історії стародавнього світу, географії та астрономії елементи «теорії розумного задуму» [13].

Не зважаючи на відчайдушний спротив справжньої наукової спільноти, «теорія» еволюції Дарвіна стала панівною у псевдонауковому світогляді і вивела людство на хибний шлях розвитку.

Подібна, нічим необґрунтована, і так звана «теорія» про антропогенний глобальний вплив на кліматичні процеси в планетарному масштабі, також заволоділи світоглядом більшості необізнаної, але впливової, екологічної публіки, які приймають владні рішення, що істотно обмежують раціональне використання безмежного і екологічного потенціалу земних надр (раціональне надрокористування).

У цих умовах особливе значення набуває проведення масштабних заходів по формуванню в суспільстві нового наукового світогляду [12], ґрунтованого на сучасних уявленнях про глобальні процеси, що відбуваються в земних надрах (геологічні знання) і їх домінуючого впливу на довкілля, життєдіяльність людей, тваринний і рослинний світ.

Серед заходів, спрямованих на вирішення даної проблеми, важливе значення набуває обговорення питання не лише фахівцями у вузькій сфері, але із залученням найширших мас

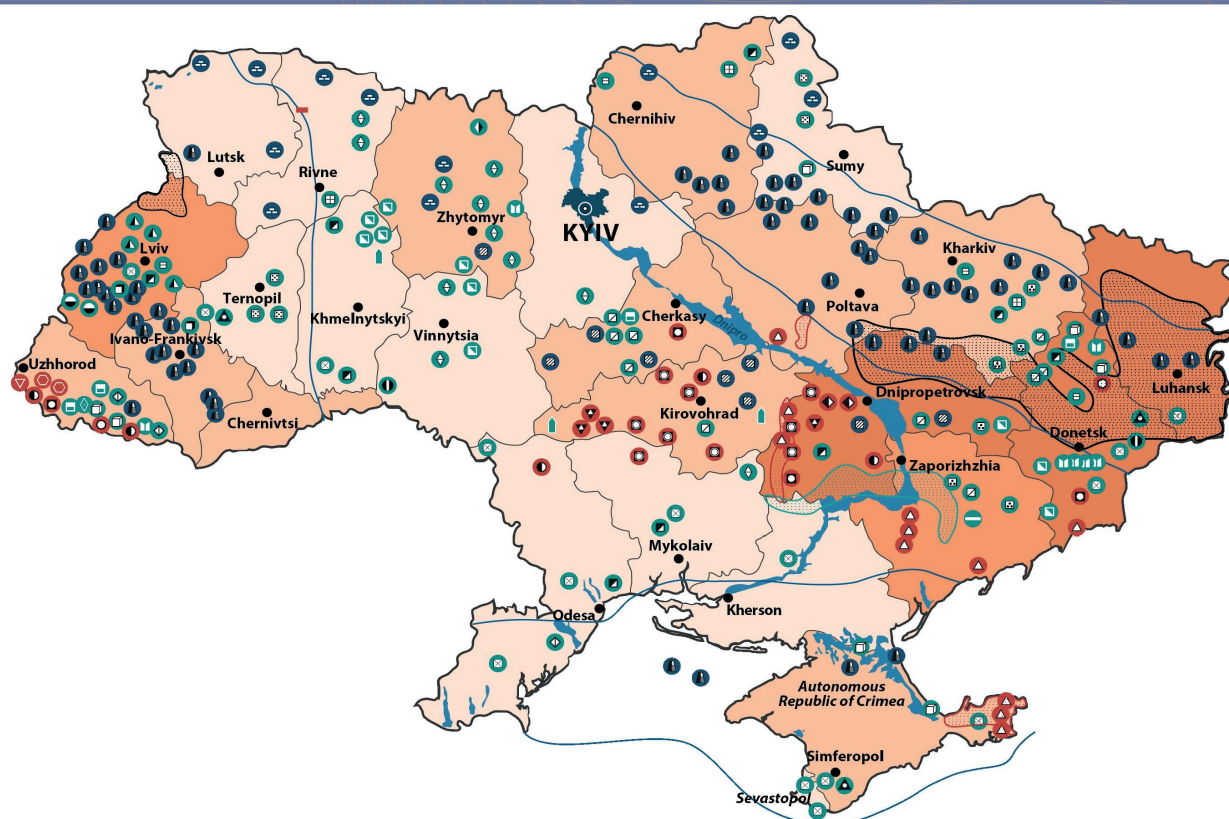


наукового співтовариства різних напрямів і сфер діяльності, представників влади і громадськості.

#### Список використаних джерел:

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
2. Вернадский В.И. О научном мировоззрении / На переломе. Философские дискуссии 20-х годов. *Философия и мировоззрение*. М.: Политиздат, 1990. С. 180 – 203.
3. Вдовиченко А.И., Ермаков П.П. Формирование нового научного мировоззрения на основе учения о неисчерпаемости и безопасности глубинных углеводородных ресурсов. *Форум гірників-2019*. Матеріали міжнародної конференції (26-27 вересня 2019, Дніпро). Дніпро: Журфонд, 2019. С. 201-206.
4. Вдовиченко А.И., Ермаков П.П., Ермаков Н.П. Новое научное мировоззрение, основанное на учении о восполняемости глубинных углеводородных ресурсов. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*. Матеріали Шостої міжнародної науково-практичної конференції у 2 т. (7-11 жовтня 2019, м. Трускавець). Державна комісія України по запасам корисних копалин (ДКЗ), 2019. Т. 2. С. 229–233.
5. Гожик П.Ф., Лукин А.Е., Вдовиченко А.И., Петровский А.П., Коваль А.Н. Новая теория о возобновляемости, неисчерпаемости и экологичности глубинных нефтегазовых ресурсов. *Информационно-аналитический еженедельник Зеркало недели. Украина*. № 3, 26.01.2019. [https://zn.ua/energy\\_market/novaya-teoriya-o-vozobnovlenii-neischerpaemosti-i-ekologichnosti-glubinyh-neftegazovyh-resursov-306866\\_.html](https://zn.ua/energy_market/novaya-teoriya-o-vozobnovlenii-neischerpaemosti-i-ekologichnosti-glubinyh-neftegazovyh-resursov-306866_.html)
6. Багрий І.Д. Впровадження новітніх технологій та апаратурних комплексів для вирішення пошукових і геоecологічних проблем (вуглеводні, водень, підземні води). Збірка вибраних статей. – К.: - Фоліант, 2018. – 675 с.
7. Клименко Л.О. Еволюція поглядів щодо походження життя на Землі // Наука та наукознавство. Історія науки і техніки. – 2006. - № 1. – С. 57-64. Електронний ресурс: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/49553/08-Klimenko.pdf?sequence=1>
8. Теорема про нескінченних мавп. Електронний ресурс. <https://life.fakty.com.ua/ua/tehnolohii/internet/den-narodzhennya-wikipedia-top-7-nezvychajnyh-statej-entsyklopediyi/>
9. Кондратюк Г.И., Кулыба В.А. Теорема о бесконечных обезьянах и анализ текста на её основе. *Информационные технологии и управление*. Материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Минск, 2–6 мая 2017. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. Минск, 2017. С. 132.
10. Заморока А.М. Жахлива таємниця Чарльза Дарвіна / *Станіславський натураліст*. Липень 20, 2020. Електронний ресурс: <http://www.naturalist.if.ua/?p=3585>
11. Лівенцева Г.А., Крочак М.Д. Початкова геологічна освіта – інвестиція в майбутнє країни. *Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології*. Матеріали Міжнародної конференції. Ч.1. Київ, 2014. С. 20–21.
12. Формування наукового світогляду. Електронний ресурс. [https://pidru4niki.com/1220041135023/pedagogika/formuvannya\\_naukovogo\\_svitoglyadu](https://pidru4niki.com/1220041135023/pedagogika/formuvannya_naukovogo_svitoglyadu)
13. Тетяна Галковська. Креационізм не заперечує еволюції // *Дзеркало тижня*, 09.11.2007. Електронний ресурс: [https://zn.ua/ukr/EDUCATION/kreatsionizm\\_ne\\_zaperechue\\_evolyutsiyi.html](https://zn.ua/ukr/EDUCATION/kreatsionizm_ne_zaperechue_evolyutsiyi.html)

# УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ





## ГЕОЛОГІЧНІ ДАНІ ЯК АКТИВ КОМПАНІЇ ТА ОСНОВА ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ

*Баряцька Н.В., д. геол. н., BariatskaN@gmail.com,  
ТОВ «СОФТМАЙН», Київ, Україна*

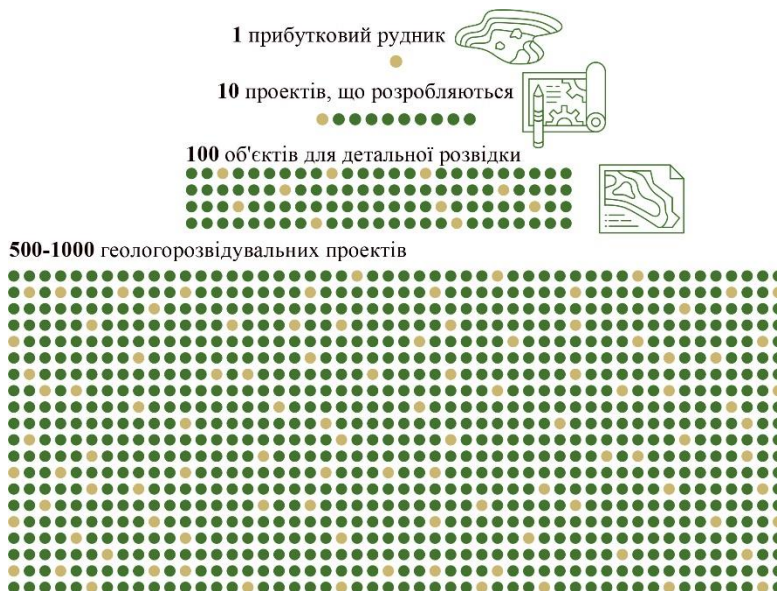
Геологічні дані є основою оцінки ресурсів і запасів проєкту і одним з активів компанії, якими вона володіє. Геологічні та пов'язані з геологією ризики мають важливу роль при ухваленні інвестиційних рішень, а достовірні геологічні дані лежать в основі сталого розвитку гірничодобувного бізнесу. Створення та впровадження стратегії цифровізації галузі в Україні, забезпечення прозорості та певні нормативне врегулювання на державному рівні сприятимуть збільшенню інвестиційної привабливості українських об'єктів.

## GEOLOGICAL DATA AS A COMPANY'S ASSET AND THE BASIS FOR INVESTMENT DECISIONS

*Bariatska N., Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com,  
SOFTMINE LLC, Kyiv, Ukraine*

Geological data is the basis of resource and reserve estimation and is one of the company's assets. Geological and geology-related risks are essential in investment decision-making, and reliable geological data form the basis for the sustainable development of the mining business. The creation and implementation of a digitalisation strategy for the industry in Ukraine, transparency and some regulation at the national level will help increase the investment prospects for Ukrainian projects.

**Вступ.** Гірничодобувна галузь вважається однією з найбільш ризикованих для інвестицій, але є досить привабливою через можливість отримання великих прибутків [6]. Інвестиційні ризики залежать від типу корисної копалини, стадії розвитку проєкту, регіону розташування та багатьох інших факторів. Статистичні дані показують (рис. 1), що в середньому з 500-1000 геологорозвідувальних проєктів може утворитися близько 100 об'єктів для детальної розвідки, 10 з яких будуть розроблятися, і лише 1 перетвориться на прибутковий видобувний проєкт [5].



**Рис. 1. Інвестиційні ризики при будівництві рудника [5]**

Основні фактори інвестиційних ризиків можна поділити на наступні групи [5]:

**Геологічні фактори:** ймовірність і ступінь того, що фактична мінералізація (її кількість і якість) відрізняється від очікуваної на момент прийняття рішення про проведення розвідки або розробки. Наприклад, яка ймовірність того, що родовище корисних копалин існує в регіоні, де проводяться початкові геологічні дослідження? Або яка ймовірність того, що кількість і якість руди відрізняється від очікуваної до початку видобутку корисних копалин?

**Технічні фактори:** Чи можна видобути і переробити оцінені ресурси за допомогою існуючих або ймовірних майбутніх технологій? Іншими словами, чи існують непередбачувані технічні проблеми або ускладнення, пов'язані з видобутком, переробкою корисних копалин?



Екологічні, соціальні та політичні фактори: Чи можна видобувати наявні ресурси у спосіб, що узгоджується з політикою держави щодо захисту довкілля та відповідає політиці місцевих громад? Ризики в цій категорії можна розглядати як ймовірність і ступінь того, що ставлення громадськості, державна політика і загальне бізнес-середовище відрізняються від того, що очікувалося під час початкового інвестування.

Економічні фактори: Економічний ризик можна розглядати як ймовірність і ступінь відхилення фактичних доходів і витрат від очікуваних на момент інвестування. Економічний ризик враховує три інші категорії ризиків, згадані вище, а також суто економічний ризик.

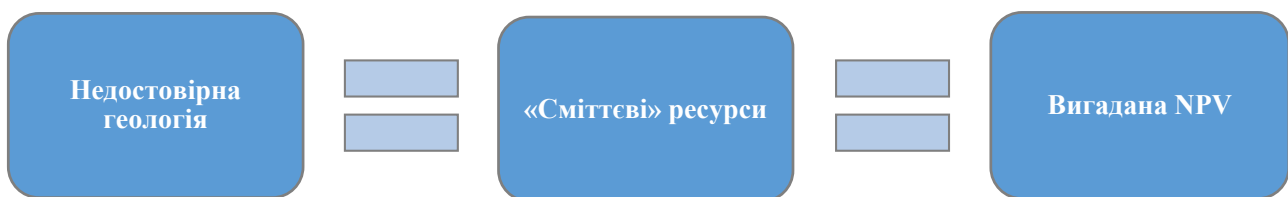
**Важливість геологічних даних.** Для об'єктивної оцінки та подальшого управління ризиками виконується так званий всебічний аудит проєкту – due diligence. Причиною проведення такого аудиту може бути залучення інвестицій (у тому числі лістинг на біржах), зміна власника, внутрішній аудит, ведення міжнародної фінансової звітності тощо. Основною метою геологічної частини аудиту (technical and geological due diligence) є об'єктивна оцінка наявної геологічних даних на будь-якому етапі розвитку проєкту.

Вважається, що одним з найбільших ризиків для життєздатності будь-якого гірничодобувного проєкту є недостатнє розуміння геології та/або оцінки ресурсів, а джерела ризиків, пов'язані з геологією і геологічними даними, складають більшу частину таких, що беруть участь у техніко-економічних обґрунтуваннях (рис. 2).



**Рис. 2. Геологічні та негеологічні джерела ризиків в техніко-економічних обґрунтуваннях видобутку корисних копалин [4]**

Наступна формула (рис. 3) добре ілюструє виключну важливість геологічних даних при оцінці родовища [7].



**Рис. 3. Формула впливу геологічних даних на оцінку проєкту [7]**

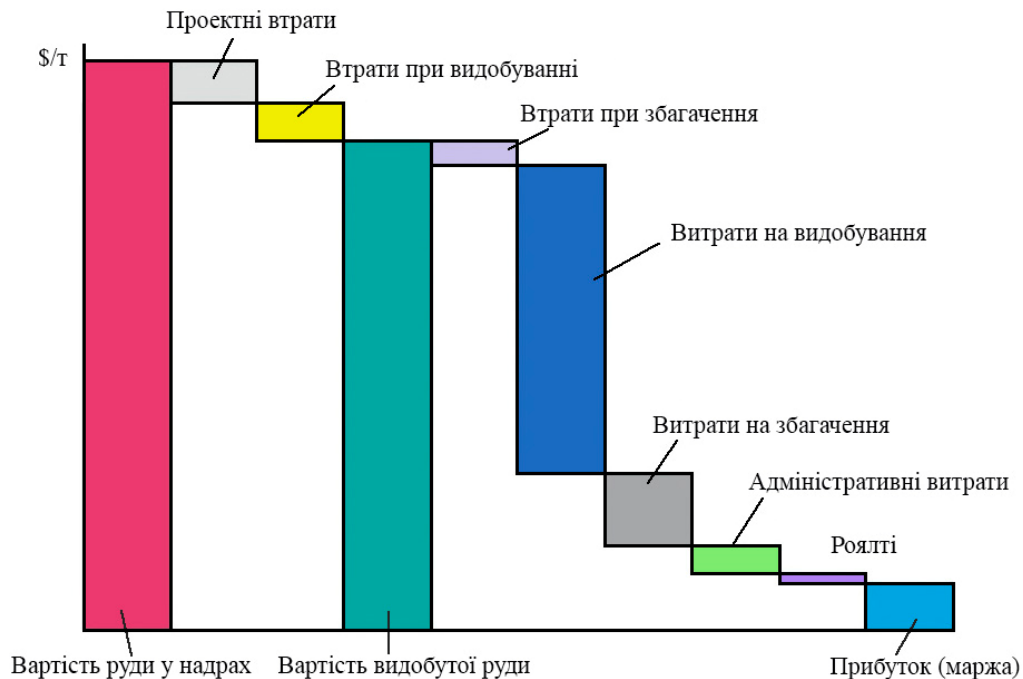
Дуже часто визначальним для інвестиційних та інших важливих рішень є навіть не наявність ресурсної моделі та відповідного звіту, а якісні геологічні дані у загальноприйнятому вигляді, які не викликають сумнівів. Потенційні покупці або інвестори зазвичай не довіряють оцінкам ресурсів сторонніх спеціалістів, особливо потенційно зацікавлених. Вони віддають перевагу незалежним оцінкам, які базуються на наявних геологічних даних. У світовій практиці будь-який потенційний інвестор отримує доступ до геологічної бази даних або data room.

Незалежно від стадії геологічного вивчення об'єкту (green field, scoping, prefiasibility, feasibility study) геологічні дані повинні бути представлені у загальноприйнятому форматі. Причому уявлення про геологічну будову проєкту з кожною стадією стають усе більш детальними, а геологічні ризики відповідно зменшуються (рис. 4).

	Початкова геологічна розвідка	Детальна геологічна розвідка	Розробка родовища	Діюча шахта
Уявлення про геологію	Низький рівень		Високий рівень	
Геологічні ризики	Високий рівень		Низький рівень	

**Рис. 4. Зміна уявлень про геологію та рівня геологічних ризиків в процес розвитку проєкту**

Однією з основних складових вартості компанії є вартість її ресурсів (запасів), придатних для видобування, збагачення та продажу. Для оцінки такої вартості використовуються наявні ресурси (запаси), а також ряд виробничих та економічних показників, які дозволяють оцінити потенційний прибуток від продажу готової продукції (рис. 5).



**Рис. 5. Схема розподілу вартості проєкту від руди у надрах до маржі (прибутку) на прикладі невеликої шахти з видобутку золота [9]**

Достовірність геологічних даних, які лежать в основі оцінки ресурсів (запасів) [2, 3] є вирішальним фактором оцінки вартості усієї компанії. Однією з умов виконання геологічного аудиту (або оцінки ресурсів відповідно до JORC Code, NI 43-101 та ін.) є наявність відповідної геологічної бази даних [1]. Від компетентних (кваліфікованих) осіб, які мають досвід геологічного аудиту, доводилось чути, що вартість компанії значною мірою визначається її базою даних.

Вартість геологічних даних з одного боку залежить від витрат на їх створення (вартості буріння, аналітичних досліджень, ресурсного моделювання та ін.). З іншого боку деякі методичні підходи враховують економічну оцінку можливих збитків, які вдалося уникнути завдяки цим даним. Економічний ефект від використання достовірних геологічних даних зазвичай значно перевищує витрати на їх створення [8].

Основні етапи роботи з геологічними даними показано на рис. 6. Цей алгоритм може повторюватись на кожній стадії геологічного вивчення (розвитку проєкту) при отриманні нових геологічних даних. Найбільші витратним є етап збору геологічних даних у широкому розумінні: буріння, опробування, лабораторні дослідження та ін. Наступні етапи (аналіз, перевірка, обробка та інтерпретація) є менш витратними, але додають вартості усьому проєкту. Інтерпретація включає зокрема ресурсне моделювання, результати якого є ресурси (mineral assets), які економічно оцінюються і входять до вартості активів компанії.



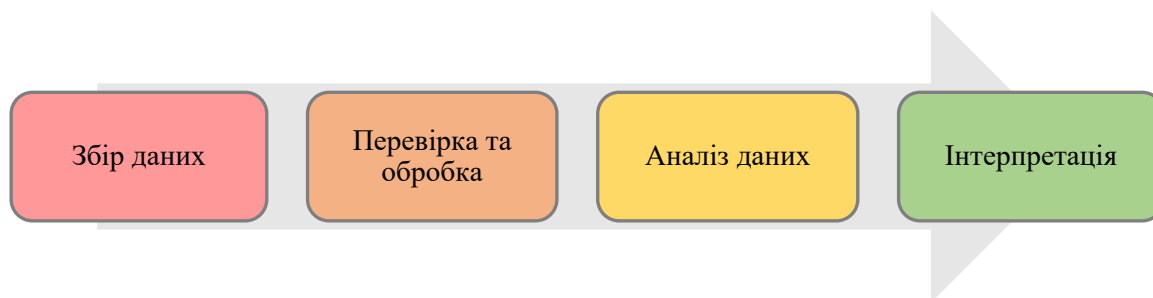


Рис. 6. Основні етапи роботи з геологічними даними

**Українські реалії.** Геологічні дані – це один з активів компанії (geological data assets), якими вона володіє, і від яких залежить вартість, що пропонує фондовий ринок. Якщо у розвинутих країнах більшість видобувних компаній все ще «борються» зі своєю цифровою стратегією [10], то на українських підприємствах така стратегія часто просто відсутня. Культура двовимірних паперових розрізів і планів ускладнює впровадження ефективного управління геологічними даними, що набуває особливої важливості для функціонуючого видобувного підприємства. Так, планування видобутку з використанням передових практик та сучасного програмного забезпечення, а також диспетчеризація виробництва, виводять компанію на новий рівень, у т. ч. щодо її вартості.

Загалом достовірні геологічні дані та ефективне управління даними відіграє важливу роль для сталого розвитку підприємства (бізнесу). У більшості випадків, вклавши відносно невеликі кошти для упорядкування своїх геологічних даних, компанія може значно збільшити свою вартість. Це у рівній мірі стосується даних, як геологорозвідки, так і видобування.

Останнім часом у світі зростає увага до оцінки державних інвестицій та ціноутворення на інформації (даних) у державному секторі. Зважаючи на те, що більшість родовищ в Україні, які розробляються або плануються до розробки, розвідувались за державні кошти, розпорядником відповідної геологічної інформації є держава у особі Державної служби геології та надр України. Упорядкувавши геологічні дані відповідно до передових світових практик, можливе збільшення вартості видобувних компаній, які знаходяться у державній власності. Особливо це є актуальним для компаній, які готують до приватизації. Крім того, підготувавши належним чином відповідну геологічні дані, можна значно збільшити вартість ліцензій, що виставляються на аукціон, не залежно від стадії геологічного вивчення.

Не менш актуальною є проблема доступу до геологічних даних для ухвалення інвестиційного рішення (ще до купівлі ліцензії). Особливо складним є доступ до геологічних даних щодо родовищ стратегічних (критичних) корисних копалин потенційних іноземних інвесторів. Зважаючи на очікувані іноземні інвестиції у післявоєнний час, це питання потребує додаткового нормативного врегулювання на державному рівні.

**Висновки.** Найбільші ризики для життєздатності гірничодобувного проєкту є недостатнє розуміння геології та оцінки ресурсів. Геологічні та пов'язані з геологією джерела ризиків складають більшу частину при техніко-економічних обґрунтуваннях гірничо-видобувних проєктів.

Однією з основних складових вартості компанії є вартість її ресурсів / запасів, придатних для видобування, збагачення та продажу (mineral assets). Достовірність геологічної інформації (геологічної бази даних), яка лежить в основі оцінки ресурсів / запасів є одним з вирішальних факторів оцінки вартості компанії.

Вартість геологічних даних з одного боку залежить від витрат на їх створення, з іншого – враховує можливі збитки, яких вдалося уникнути. Економічний ефект від використання достовірних геологічних даних зазвичай значно перевищує витрати на їх створення.

В Україні рівень цифровізації геологічної та видобувної галузей є досить низьким. Це є несприятливим фактором для залучення іноземних інвестицій. Крім того, важливою є прозорість і доступ до геологічних даних для потенційних інвесторів.

### Список використаних джерел:

1. Баряцька Н.В. Чи готові українські надрокористувачі розмовляти “однією мовою” з міжнародними інвесторами? // Мінеральні ресурси України. № 1. 2021 С. 4-7 <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/299/281>
2. Баряцкая Н.В., Сафронова Н.Г. Поэтапная заверка при техмерном моделировании и оценке ресурсов рудных месторождений // Геоинформатика. 2019. № 1 (69). С. 47-57.
3. Bariatska N., Safronova N. Some aspects of resource model validation // XVIIIth International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" (13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine) <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201902115>
4. Berry M. and McCarthy P. 2006. Practical consequences of geological uncertainty, in Proceedings 6th International Mining Geology Conference. P.p. 253-258 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).
5. Eggert R.G., Mineral exploration and development: Risk and reward, Colorado School of Mines, 2010. – 10 p.
6. Future critical. Meeting the minerals. Investment challenge. – Mineral Council of Australia. 2023. – 53 p.
7. Jeffress C. (2017) Fundamentals of Due Diligence. Some Technical Aspects to consider // [https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/11/HopGood-Ganim-ADU-Pre-Conference\\_Fundamentals-of-Due-Diligence\\_Graham-Jeffress\\_October\\_2018.pdf](https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/11/HopGood-Ganim-ADU-Pre-Conference_Fundamentals-of-Due-Diligence_Graham-Jeffress_October_2018.pdf)
8. Häggquist E., Söderholm P. The economic value of geological information: Synthesis and directions for future research // Resources Policy 43. 2015. P.p. 91–100.
9. Horsley T.P. and Medhurst T.P. Quantifying geotechnical risk in the mine planning process. Proceedings of MassMin 2000, 29 October–2 November, Brisbane, Qld. 2000. P.p. 105–111.
10. What challenges are mining companies facing in managing their geological data? 2019. <https://www.seequent.com/what-challenges-are-mining-companies-facing-in-managing-their-geological-data/>

## ЛОКАЛЬНИЙ ПРОГНОЗ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ТА БАСЕЙНОВИЙ АНАЛІЗ: ВИЗНАЧАЄМО ПРІОРИТЕТИ

*Харченко М.В.<sup>1</sup>, к. геол.-мін. н., ukraineuser@gmail.com;*

*Вакарчук С.Г.<sup>2</sup>, к. геол. н., svgoilgas@gmail.com;*

*1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна;*

*2 – Обчислювальний центр обробки та інтерпретації геолого-геофізичних даних*

*ТОВ «Ю. Бі. Сейсмік Юкрейн», м. Київ, Україна.*

Локальний прогноз нафтогазоносності є основою для визначення напрямків і обсягів проведення геологорозвідувальних робіт на нафтогазоперспективних об'єктах (кількість свердловин, їх місцезнаходження, глибини тощо) з метою освоєння ресурсів вуглеводнів і є, по суті, підґрунтям для оцінки інвестиційної привабливості об'єкту. Останнім часом значна увага приділяється проведенню басейнового аналізу. Проведення басейнового аналізу дозволяє спрогнозувати загальний об'єм згенерованих вуглеводнів, шляхи їх міграції, ділянки можливої акумуляції, ступень збереженості покладів вуглеводнів. Басейновий аналіз є важливою складовою ланкою нафтогазогеологічних досліджень, особливо для малодосліджених ділянок (наприклад, глибоководна частина Чорного моря). На добре вивчених ділянках з доведеною нафтогазоносністю пріоритетним є проведення локального прогнозу нафтогазоносності.

## LOCAL FORECAST OF THE OIL-AND-GAS CAPACITY AND THE BASIN ANALYSIS: DEFINITION OF PRIORITIES

*Kharchenko M.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), ukraineuser@gmail.com;*

*Vakarchuk S.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), svgoilgas@gmail.com;*

*1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine;*

*2 – Computing Center for Geodata Processing & Interpretation U.B. SEISMIC UKRAINE LLC,*

*Kyiv, Ukraine*

The local forecast of the oil-and-gas capacity is the basis for defining the direction and volumes of further geological research of the objects with the oil-and-gas potential (e.g., number of wells, their location, depth, etc) with the goal of hydrocarbon resources development, and is a de-facto the basis for evaluating investment attractiveness of the object. Recently, a considerable attention was dedicated to conducting the basin analysis. Basin analysis enables the creation of a forecast of the total volume of generated hydrocarbons, their migration paths, regions of accumulation, degree of preservation of hydrocarbon deposits. The basin analysis is an essential component of the geological oil-and-gas research, particularly for the understudied areas (e.g., the deepwater area of the Black Sea). In the well-studied areas with proven oil and gas potential, the priority is to carry out a local forecast of oil and gas potential.

Основою для проведення пошукового буріння на нафтогазоперспективних об'єктах є локальний прогноз нафтогазоносності [1–3]. Від точності і достовірності його виконання залежить ефективність проведення геологорозвідувальних робіт (ГРП). При проведенні локального прогнозу нафтогазоносності необхідно визначити перспективні відклади, спрогнозувати їх глибину, встановити тип прогнозованої пастки та її розміри, визначити фазовий стан вуглеводнів (ВВ) та підрахункові параметри. На основі встановлених параметрів провадиться оцінка перспективних ресурсів (категорії С<sub>3</sub>, код класу 333) ВВ і, відповідно, визначаються напрямки і обсяги проведення ГРП на нафтогазоперспективних об'єктах (кількість свердловин, їх місцезнаходження, глибини, прогнозні інтервали випробування тощо).

Основними особливостями локального прогнозу нафтогазоносності на сучасному етапі є різний ступінь вивченості нафтогазоперспективних об'єктів (наприклад мало досліджені значна частина акваторій Південного регіону, Самбірська зона Передкарпатського прогину тощо з однієї сторони та добре досліджені центральна частина Північного борту Дніпровсько-Донецької западини та Бориславсько-Покутська зона Передкарпатського прогину з іншої сторони). Відповідно зазначені ділянки будуть характеризуватися різними вихідними матеріалами, різними методичними підходами до проведення локального прогнозу та, відповідно, різним ступенем його детальності.

Наразі в нафтогазоносних регіонах України ГРП проводяться на ділянках, що значно відрізняються за ступенем вивченості, складністю геологічної будови і рельєфу, розташуванням на суходолі чи акваторії тощо.

В тому випадку, коли об'єкт знаходиться в нафтогазоносному районі, де вже відомі численні родовища ВВ, поклади прогнозуються в комплексах з встановленою промисловою нафтогазоносністю. Горизонти відбиття (які пов'язані з перспективними відкладами) добре прослідковуються, на суміжних ділянках наявні пробурені свердловини (результати буріння,

випробування і дослідження яких можливо використовувати для прогнозу нафтогазоносності), наявна можливість проведення параметричного аналізу для прогнозу ємнісно-фільтраційних властивостей прогнозних покладів. Таким чином є достатньо матеріалів для проведення детального прогнозу нафтогазоносності. Для таких об'єктів можливо визначити не тільки загальну геологічну будову, але й спрогнозувати наявність окремих продуктивних горизонтів та їх колекторські властивості і розповсюдження в межах об'єкту, передбачити параметри прогнозних покладів: ефективні товщини, пористість, нафто- і газонасиченість. Це робить набагато достовірнішим прогноз нафтогазоносності об'єкту і за комплексуванням матеріалів буріння численних свердловин та сейсморозвідки є можливість прогнозувати пастки ВВ на рівні продуктивних горизонтів. При цьому з високим ступенем достовірності можна прогнозувати як окремі підрахункові параметри, так і кількісно оцінювати перспективні вуглеводневі ресурси.

В межах малодосліджених ділянок і стратиграфічних комплексів, де існує певний дефіцит необхідних геолого-геофізичних даних, ступінь детальності і достовірності прогнозу нафтогазоносності може бути суттєво нижче. В такому випадку додаткові геолого-геофізичні дослідження сприятимуть деталізації прогнозу нафтогазоносності та підвищенню його достовірності.

Останнім часом в Україні дискутується питання інтенсивного впровадження в нафтогазопозукові процеси підходу, відомого у міжнародній літературі як басейновий аналіз [4]. Часто під цим терміном розуміють впровадження технології комп'ютерного моделювання історії розвитку осадових басейнів.

При цьому сама технологія моделювання потребує значного обсягу власне геологічних матеріалів, починаючи від історії тектонічних рухів, осадконакопичення і закінчуючи кількісною характеристикою порід, що входять до нафтогазоносних систем (густина, пористість, теплопровідність і теплоємність тощо). Велику роль відводиться характеристиці «нафтогазоматеринських» порід, для яких має бути відомим загальний вміст і характеристика органічного вуглецю та механізм перетворення органічних мінералів на вуглеводні. Останній пункт є найбільш проблемним у зв'язку із недостатньою вивченістю таких порід протягом історії досліджень більшості нафтогазоносних регіонів України [4].

На шляху швидкого ефективного впровадження технологій басейнового аналізу в Україні наявно декілька головних перепон, зокрема [4]:

- практично відсутня узгоджена науково обґрунтована схеми нафтогазоносних систем в басейнах України. В основному це пов'язано із тривалим ігноруванням ролі материнських порід і основні дослідження були зосереджені на породах-колекторах та, частково, покришках, які вивчені суттєво краще. В нафтогазоносних басейнах України немає яскраво вираженої материнської товщі на кшталт баженовської світи Західного Сибіру. Єдиним позитивним винятком тут є, мабуть, меніліти Карпат;

- нестача лабораторних даних про материнські породи. Проблема, що є логічним продовженням попередньої – на цих властивостях не був зосереджений фокус уваги;

- переведення даних у цифровий формат. Басейнове моделювання потребує узагальнення інформації по великим територіям, що неможливо зробити без якісного доступу до просторових баз даних;

- відкритість даних. На жаль, фактичний матеріал результатів пошуково-розвідувального буріння (зокрема дані лабораторних досліджень) зосереджено в різних компаніях і з міркувань комерційної таємниці вони відсутні у вільному доступі. Це є значною перепорою у формуванні **цілісної** системи для нафтогазоносних басейнів.

Питання співвідношення локального прогнозу нафтогазоносності та басейнового аналізу/моделювання значним чином залежить від ступеню вивченості ділянки і стратиграфічного комплексу, до яких приналежить потенційний нафтогазоперспективний об'єкт. На малодосліджених ділянках, (наприклад акваторія Чорного моря, особливо його глибоководна частина, девонські відклади Дніпровсько-Донецької западини і деякі інші) можливі майбутні результати басейнового аналізу можуть суттєво підвищити якість локального прогнозу нафтогазоносності, тобто ефективність проведення ГРП.

Що стосується добре вивчених бурінням ділянок нафтогазоносних регіонів України (Бориславсько-Покутська і Більче-Волицька зони Західного нафтогазоносного регіону, значна частина кам'яновугільних відкладів Східного нафтогазоносного регіону тощо), то на даних ділянках потенційна наявність результатів басейнового моделювання незначно буде впливати на ефективність проведення ГРП. Для зазначених ділянок вже доведена нафтогазоносність (в т.ч. і фазовий стан) і питання прогнозу зводиться по суті пошуку потенційних ділянок можливої

локалізації (акумуляції) ВВ. Відомо, що, наприклад для дашавських відкладів Більче-Волицької зони основним контролюючим фактором нафтогазоносності є наявність колекторів. І прогноз нафтогазоносності в даному випадку значної мірою зводиться до опошукування локальних ділянок з покращеними колекторськими властивостями.

Нафтогазоносність центральної частини Дніпровсько-Донецької западини доведена десятками родовищ ВВ. Тут встановлено, що основним контролюючим фактором нафтогазоносності є тектонічні порушення. Причому спостерігається наступна закономірність: для середньокам'яновугільних відкладів перспективними є певні згідні скиди, а для нижньокам'яновугільних – незгідні скиди. Дана закономірність і є домінуючою при визначенні об'єктів для опошукування.

Що стосується регіонів в цілому, то басейновий аналіз, безумовно, має важливе «стратегічне» значення. Для нафтогазоносних регіонів України (Східний, Західний і Південний) необхідно визначити загальний нафтогазоносний потенціал кожного з них. Причому мається на увазі не стільки генераційний потенціал ВВ, скільки потенціал ВВ локалізованих у різноманітних пасткових умовах. Відомо, що певна частина згенерованих ВВ не зберігається в пасткових умовах, а мігрує до поверхні. Яскравим прикладом цього є, в т. ч., відома метанова дегазація на акваторії Чорного моря [5].

На сьогодні є оцінка загальних початкових потенційних ресурсів ВВ нафтогазоносних регіонів України станом на 01.01.2004, виконана УкрДГРІ [6]. Проте ця оцінка, по-перше не актуалізована на основі результатів ГРР, отриманих при подальших дослідженнях. А по друге, і це головне – існуюча оцінка виконана методом порівняльних геологічних аналогій у модифікації способу оцінки щільності ресурсів на одиницю площі [6]. Цей метод свого часу був актуальним, що сприяло ефективному проведенню ГРР у відповідний період. Проте розвиток технологій нафтогазогеологічних досліджень вимагає більш сучасної оцінки загальних потенційних ресурсів, що базується на генераційному потенціалі осадових відкладів басейну.

### **Висновки**

Локальний прогноз нафтогазоносності і басейновий аналіз/моделювання є складовими частинами нафтогазогеологічних досліджень. Басейновий аналіз може сприяти максимально достовірній оцінці початкових потенційних ресурсів ВВ нафтогазоносних регіонів України. Це може бути основою для вирішення стратегічних питань розгортання геологорозвідувальних робіт (напрямки, види робіт, обсяги тощо). Результати басейнового аналізу можуть значно підвищити ефективність ГРР в межах маловивчених ділянок та стратиграфічних комплексів. Для добре вивчених ділянок з доведеною нафтогазоносністю результати басейнового аналізу впливають не суттєво на визначення напрямків пошуково-розвідувальних робіт, які в такому випадку можуть базуватися виключно на проведенні локального прогнозу нафтогазоносності.

### **Список використаних джерел:**

1. СОУ 71.1 – 20077720 – 065:2014 Геологорозвідувальні роботи на нафту та газ. Експертна оцінка нафтогазоносності підготовлених об'єктів. Положення, затверджено наказом Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» від 20.01.2015 № 12.

2. Харченко М.В., Вакарчук С.Г. Локальний прогноз нафтогазоносності в сучасних умовах / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики», 25-27 травня 2016 р. – Івано-Франківськ, 2016. – С. 116-118.

3. Харченко М.В., Пономаренко Л.С., Ковалко О.М., Чепіль П.М. Достовірність прогнозу нафтогазоносності перспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини // Нафтогазова галузь України – 2019. – № 5. – С. 09–13.

4. Віршило І.В., Харченко М.В. Басейновий аналіз: новий погляд на нафтогазоносні басейни України // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали сьомої науково-практичної конференції (2021 р., м. Львів). Державна служба геології та надр України, Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – Львів: ДКЗ, 2021. – С. 117-119.

5. Шнюков Е.Ф., Коболев В.П., Пасынков А.А. Газовый вулканизм Черного моря. Киев: Логос, 2013. 384 с.

6. Кількісний прогноз перспектив нафтогазоносності надр Дніпровсько-Донецької западини станом на 01.01.2004 р. як основа для перспективного планування і визначення напрямків ГРР. Чернігів: 2007, 214 с. – Звіт про НДР, Пригаріна Т.М., Кабишев Ю.Б., Стрижак В.П. та ін.

## СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ В ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІЙ ОЦІНЦІ РОДОВИЩ

*Король Н.О., nata@k-mine.com,  
Група компаній KAI, м. Кривий Ріг, Україна*

Розглянута можливість співставлення вітчизняних та міжнародних оцінок мінеральних ресурсів. Наведені можливості модуля «K-MINE геологія» для створення блокових та геостатистичних моделей. Запропоновано використання блокових геологічних моделей при виконанні геолого-економічних оцінок запасів та техніко-економічних оцінок кондицій.

## ADVANCED COMPUTER METHODS IN GEOLOGICAL AND ECONOMIC DEPOSIT ESTIMATION

*Korol N., nata@k-mine.com,  
KAI Group, Kryvyi Rih, Ukraine*

This article examines the possibility of comparing domestic and international mineral resource estimates. We showcase the potential of the K-MINE: Geology module for creating block and geostatistical models. Additionally, the paper suggests the utilization of geological block models in geological and economic reserve assessments as well as the evaluation of technical and economic conditions.

На сьогодні актуальним залишається завдання вдосконалення методів інтерпретації та повного використання геологорозвідувальних даних як основи для отримання параметрів до обліку запасів. Методи і способи отримання геологорозвідувальної інформації в більшості випадків спочатку не були орієнтовані на сучасні комп'ютерні технології (паперові креслення, журнали опробування та ін.). Це визначило необхідність розробки способів адаптації існуючої геологічної інформації для її повноцінного використання в моделюванні родовищ і підрахунку запасів на основі комп'ютерних технологій.

До традиційних методів підрахунку запасів відносяться методи геологічних і експлуатаційних блоків, розрізів і статистичного аналізу. У зарубіжній практиці ці методи називають полігональними.

Сучасні комп'ютерні системи надають геологу нові можливості, але вимагають переосмислення і вдосконалення теоретичних і методичних підходів до вирішення завдань, пов'язаних з оцінкою запасів.

Одним з найбільш трудомістких процесів при оцінці запасів корисних копалин є гірничо-геометричні розрахунки. При оцінці запасів родовищ зі складними геологічними умовами частка часу, витраченого на виконання цих розрахунків, становить не менше половини від загального обсягу робіт з геолого-економічної оцінки. При цьому спостерігається тенденція до скорочення часу, необхідного для виконання розрахунків при збереженні вимог до їх точності. Застосування традиційних ручних методів не дає можливості скоротити час і тільки використання комп'ютерних моделей і відповідних математичних алгоритмів вирішує цю проблему.

Крім того, запаси родовищ корисних копалин мають довгу історію від перших етапів розвідки до повного погашення шляхом видобутку, тобто знаходяться в сталому розвитку.

Тому використання методів динамічного моделювання та їх практична реалізація в спеціалізованих програмних продуктах дозволяє виявити основні переваги використання комп'ютерних технологій в геолого-економічних оцінках, такі як оперативне коригування, скорочення термінів і зниження вартості проєктної документації, незважаючи на підвищену потребу в більш кваліфікованих кадрах.

Враховуючи світову практику тривимірного моделювання родовищ різних за своїм походженням, значну увагу приділяють каркасному моделюванню рудної мінералізації, стратиграфічних, технологічних різновидів, тощо. Виділяють два основні типи каркасного моделювання (рис. 1):

1. Класичний метод побудови каркасних моделей шляхом використання полігонів рудних тіл.
2. Імплицитний метод моделювання на основі показників геологічних виробок.

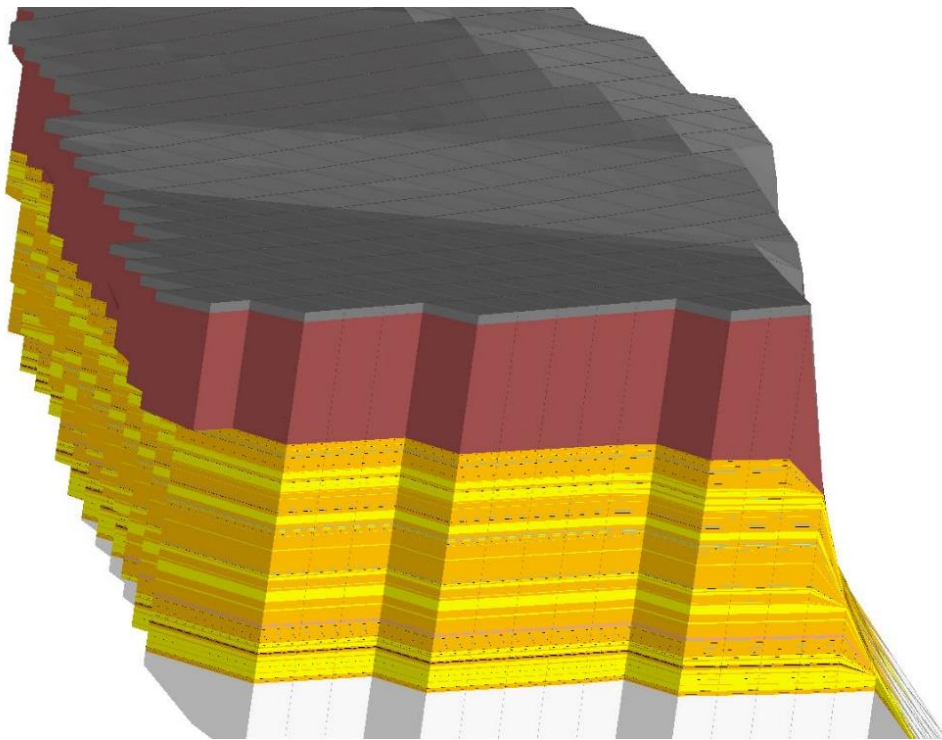




У зарубіжній практиці, на відміну від українських показників кондицій, які обумовлюють визначення запасів, основним критерієм обмеження рудної мінералізації являються так звані «Розумні перспективи можливого економічного видобутку». Дані вимоги ґрунтуються на гірничо-технічних, технологічних та економічних факторах до яких належать: витрати на виробництво продукту, ціни продукту, екологічні, технологічні чинники та ін. Показник, який відображає економічну цінність рудної мінералізації називається «граничний бортовий вміст в елементарному блоці». Розміри елементарного блоку можна вибирати користуючись геологічними або технічними умовами. Порогова позначка даного показника може бути переглянута в залежності від поточної економічної ситуації. Цей показник не підлягає державному регулюванню та являється критерієм для відокремлення руди від пустої породи у блоковій моделі.

Блокове моделювання засноване на поділі простору родовища на елементарні блоки, в які з вихідних даних з урахуванням вагових коефіцієнтів інтерполюють значення властивостей об'єкта, зокрема вміст корисного компонента. Цей вид моделювання дозволяє швидко розрахувати велику кількість варіантів «граничного бортового вмісту в елементарному блоці», який буде відповідати «Розумним перспективам економічного видобутку». Такий підхід практично неможливо реалізувати за допомогою традиційних методів геолого-економічної оцінки за короткий термін.

Існують декілька видів блокових моделей. В модулі K-MINE можливо створювати блокові моделі двох типів: регулярні або нерегулярні прямокутні та пластові. Вибір типу моделі найчастіше залежить від потужності корисної копалини. Наприклад, при моделюванні вугільних родовищ застосовують пластові блокові моделі (рис. 2).



**Рис. 2. Фрагмент пластової блокової моделі вугільного родовища, побудованої за допомогою модуля K-MINE**

Родовища з масивними зонами рудної мінералізації моделюються за допомогою прямокутних блокових моделей (рис. 3).

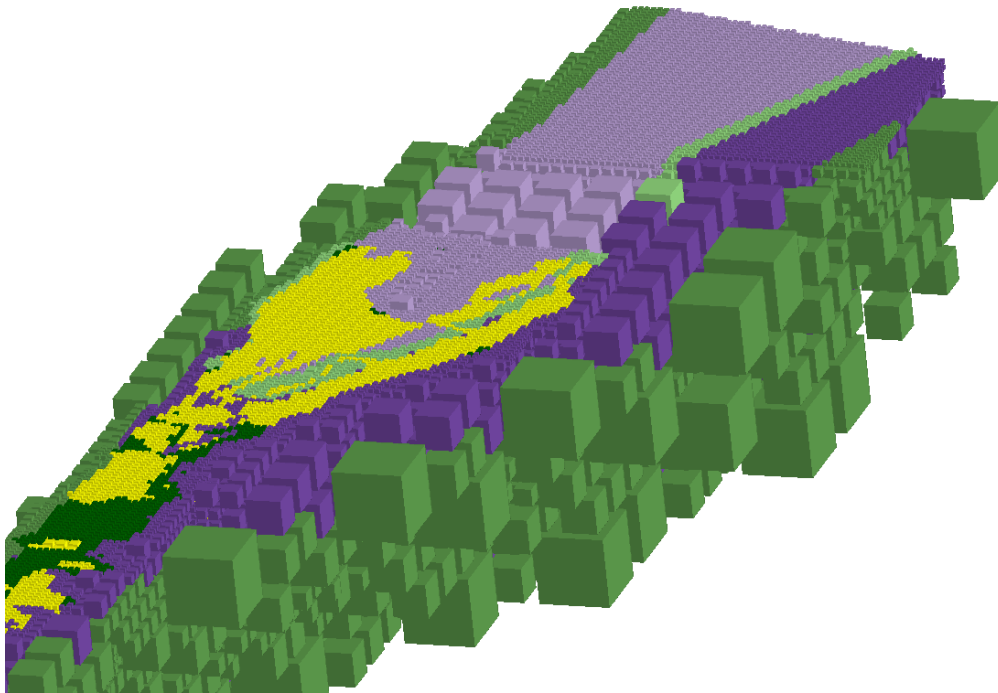


Рис. 3. Нерегулярна блокова модель родовища побудована за допомогою модуля K-MINE

На відміну від класичного статистичного методу розрахунку якісних показників, прийнятого у вітчизняній практиці, зарубіжні оцінки засновані на геостатистичних моделях. Ці моделі засновані на застосуванні математичної теорії до аналізу властивостей просторових геологічних змінних. Просторова мінливість змінної характеризується функцією варіограми, яка представляє собою залежність квадрату різниці значень змінної в зразках від відстані між ними.

У ГІС програмах реалізована автоматична побудова варіограм на основі існуючих баз даних опробування. Варіограми мають наступні властивості: **радіус впливу (range)** просторової змінної - відстань, на якій кореляція повертається до нуля (варіограма йде до горизонтальної лінії на рівні, рівному статистичної дисперсії змінної; цей рівень називається **поріг – sill**); анізотропія просторової мінливості змінної – в цьому випадку радіус впливу характеризується різними значеннями в ортогональних напрямках; **ефект самородка (nugget)** – це значення варіограми, коли значення аргументу дорівнює нулю. Відображення варіограми представлено на рис. 4.

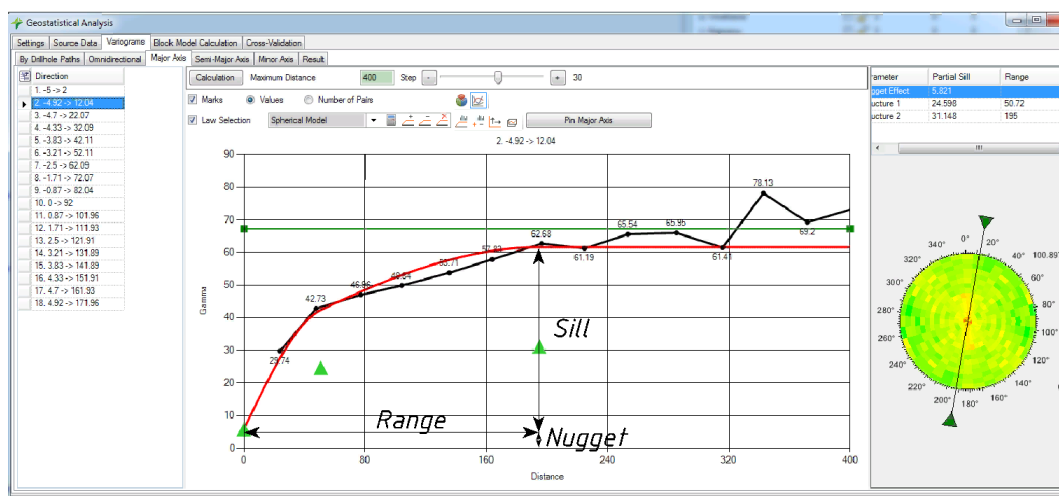


Рис. 4. Візуалізація варіограми в модулі K-MINE

За допомогою варіограми та реалізованих математичних алгоритмів ординарного і логнормального кригінгу, методу зворотних відстаней IDW розраховується оптимізована оцінка вмісту корисного компонента в елементарному блоці блокової моделі.

Класифікація мінеральних ресурсів за міжнародними стандартами звітності JORC, NI 43-101, SK-1300 базується на обраних радіусах впливу просторової змінної, які розраховуються за допомогою геостатистичних моделей. Тому впровадження блокових моделей при виконанні геолого-економічних оцінок запасів корисних копалин в Україні відповідатиме вимогам міжнародного аудиту.

Блокові моделі, створені у середовищі K-MINE, були неодноразово використані при оцінках мінеральних ресурсів за міжнародними стандартами. Дані моделі показали достатню надійність та достовірність отриманих результатів. З метою адаптації стандартів міжнародних оцінок до вітчизняних методичних рекомендацій необхідно впроваджувати застосування блокового моделювання родовищ при виконанні ГЕО та ТЕО. Даний підхід дозволить створити прозору систему оцінки, що сприятиме залученню іноземних інвестицій в сферу користування надрами.

#### **Список використаної літератури:**

1. Наукове супроводження геологічних об'єктів з метою оптимізації використання ресурсів надр (моніторинг надрокористування) / за ред. Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці, 2015. – 592 с
2. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС K-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; під ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.
3. Clark, I., Practical Geostatistics, 1979, Applied Science Publishers Ltd, 130pp. (can be freely downloaded from: <http://www.kriging.com>)



## **ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЕФЕКТИВНОЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ ЩЕБЕНЕВОЇ СИРОВИНИ В МЕЖАХ ПОШИРЕННЯ ЛЬОДОВИКОВИХ ВІДКЛАДІВ**

*Лукомський В.Р., аспірант, lukoma770@gmail.com;*

*Курило М.М., д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна*

В роботі розглядається доцільність комплексного освоєння родовищ щебеневої сировини, які локалізовані в межах поширення гляціальних та флювіогляціальних відкладів. Вивчаються розкривні породи, які містять такі відклади, як супутні корисні копалини, які мають напрями використання сировини у будівельній індустрії та ландшафтному дизайні. Об'єкти дослідження – це родовища гранітів, які мають промислові запаси та розробляються, і в якості розкривних порід мають потужні поклади флювіогляціальних відкладів. Для таких запасів рекомендовано розбити та використовувати при геолого-економічній оцінці параметри кондицій на мінеральну сировину, які враховують специфічні гірничо-геологічні умови.

## **GEOLOGICAL AND MINING PREREQUISITES FOR THE EFFECTIVE DEVELOPMENT OF CRUSHED STONE DEPOSITS WITHIN THE DISTRIBUTION OF GLACIAL SEDIMENTS**

*Lukomskyi V., researcher of scientific degree, lukoma770@gmail.com;*

*Kurylo M., Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The paper examines the feasibility of complexity development of crushed stone deposits, which are localized within the distribution of glacial and fluvioglacial deposits. Overburden rocks are studied as associated minerals, which have directions of use of raw materials in the construction industry and landscape design. The objects of the study are granite deposits, which have industrial reserves and are being developed, and as overburden rocks have thick deposits of fluvioglacial sediments. For such reserves, it is recommended to develop and use cut-off parameters for reserves calculation, which take into account specific mining and geological conditions, in the geological and economic assessment.

Актуальність і практичне значення роботи пов'язані із покращенням ефективності розробки родовищ щебеневої сировини, які локалізовані в межах поширення флювіогляціальних відкладів. Згідно з положеннями Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України до 2030 року щебенева сировина належить до категорії «Б» – видів мінеральної сировини, що на даний час в Україні видобуваються, собівартість видобутку яких забезпечує граничний економічно вигідний рівень рентабельності, розробка ускладнюється екологічними проблемами, розвідані запаси родовищ невеликі або виснажені, нові родовища недостатньо вивчені, але потреба в таких видах сировини зумовлена розвитком промисловості [1].

У стратегії майбутнього розвитку передбачається, що відбудова вимагатиме виробництва великої кількості високоякісного, високоміцного, з певними нормами лещадності, щебеню та буту. Комплексне освоєння таких родовищ разом із максимальним використанням розкривних порід в якості будівельної сировини збільшить ефективність їх розробки.

Об'єктом дослідження є родовища гранітів, які мають промислові запаси і розробляються, і в якості розкривних порід мають потужні поклади флювіогляціальних відкладів, які можуть бути оцінені в якості спільнозалягаючої корисної копалини.

Згідно [2], 10-20 % кар'єрів будівельних матеріалів, які розміщені в межах дніпровських зледенінь, належать до гірничих підприємств, що розробляють піщано-гравійні родовища флювіогляціальних відкладів, як корисні копалини для виробництва піску, каменю та щебню. Під час розробки родовищ скельних порід, флювіогляціальні відклади в багатьох випадках зараховують до розкриву, оскільки вони перекривають доступ до корисної копалини. У такому випадку традиційні способи розробки гравійно-піщаних порід зазвичай є непридатними, оскільки проблема виймання розкривних флювіогляціальних відкладів, як правило, виникає не на стадії розкриття родовища, а вже в процесі його відробки. Це відбувається через недостатній робочий простір та відсутність відповідного виймального обладнання.

Під час оцінки та підрахунку запасів родовищ скельних гірських порід флювіогляціальні відклади, які знаходяться у покриваючому шарі, зазвичай зараховують до розкриву [3]. Тому на умови їхнього залягання і фракційний склад уваги особливо не звертають. Однак у подальшому,

за умови розширення фронту гірничих робіт, це може привести до ускладнень при знятті шару флювіогляціальних відкладів розкривних порід.

До особливостей залягання таких відкладів належать:

- значний діапазон змін фізико-механічних властивостей гірських порід, що входять до складу флювіогляціальних відкладів та їхнього гранулометричного складу;
- різноманітність умов залягання, в тому числі наявність прошарків;
- різний ступінь обводненості флювіогляціальних відкладів;
- значна зміна якісних показників в межах одного родовища.

Своєчасність та якість виявлення цих особливостей впливає на ефективність розробки флювіогляціальних відкладів в якості супутньої або спільнозалягаючої корисної копалини. Дуже важливе значення має достовірність геологічної інформації на стадії інженерно-геологічних вишукувань. Зокрема, врахування закономірностей та особливостей умов залягання відкладів в межах земельного відводу родовища, а саме фракційний склад гравійно-піщаної маси, дозволяє, вже на стадії розробки робочого проекту передбачати організаційно-технологічні заходи, що унеможливають ускладнення процесу їхнього виймання.

Традиційні способи розробки відкладів, що використовуються при їх видобуванні в якості корисних копалин, на родовищах скельних матеріалів у більшості випадків є малопридатними і навіть неможливими. Крім того, дослідники відмічають той факт, що проблема виймання розкривних флювіогляціальних відкладів зазвичай виникає не на стадії розкриття родовища, а вже в процесі відробки кар'єру, так як гравійно-валунний матеріал може залягати як по всій площі відкладу, так і створювати локальні області накопичення. Через це зняття шару піщано-гравійної гірничої маси є проблематичним, а також через недостатність робочого простору та відсутність відповідного виймального обладнання.

Аналізуючи наявні проблеми під час розробки даного типу родовищ у гірничій частині постає актуальність роботи зі сторони економічної геології, що розкриватиме ряд нових тем, а саме:

- визначення нових параметрів кондицій для даного типу родовищ;
- методика підрахунку;
- геолого-промислове моделювання родовищ;
- геолого-економічна оцінка родовищ.

Таким чином, багаторічний досвід розробки гранітних родовищ із потужним розкритом представленим флювіогляціальними відкладами засвідчує важливість гірничо-геологічних факторів при виборі параметрів кондицій, підрахунку промислових запасів і виборі систем відпрацювання. Це спричиняє необхідність детального вивчення фактичного матеріалу, систематизації і встановлення типових параметрів кондицій при геолого-економічній оцінці родовищ.

### **Зведена геологічна будова родовищ щебеневої сировини в межах льодовикових відкладів**

Останніми роками розробка мінеральної сировини (переважно будівельних матеріалів) розкриває нові закономірності будови осадового комплексу та навіть верхньої частини товщі кристалічного фундаменту Середнього Придніпров'я.

В межах об'єктів дослідження, а саме на родовищах щебеневої сировини, таких як: Соснівське, Ярошівське, Кошіївське, Богуславське родовище ділянка «Дешки» та родовище Острів, а також на родовищі блочної сировини «Синій камінь», розкривні породи представлені потужними гляціальними та флювіогляціальними відкладами дніпровського кліматоліту  $flgP_{1dn}$  [4].

Дніпровський кліматоліт складений льодовиковими утвореннями, які залягають на дочетвертинних відкладах та значно поширені у льодовиковій зоні. Дніпровський кліматоліт поділяється на нижньо-, середньо- та верхньодніпровський стадіали. Нижньодніпровський стадіал складений флювіогляціальними відкладами –  $fP_{1dn1}$ . Середньодніпровський стадіал представлений озерно-льодовиковими, моренними та флювіогляціальними відкладами, які відповідають середній і верхній пачкам «шевченківської світи» –  $lg P_{1dn2}$ . Розріз нижньої частини середньодніпровського кліматоліту завершують озерно-льодовикові відклади, що



перекривають донну морену. Верхньодніпровський стадіал представлений крайовою мореною – *gkP<sub>1</sub>dn<sub>3</sub>* [5].

Знімки, що наведені на рисунках 1–3 надають уявлення про уламки (валуни) кристалічних порід.



**Рис. 1. Гравійно-валунний матеріал на Соснівському родовищі північна частина розкривного горизонту**



**Рис. 2. Гравійно-валунний матеріал в межах північно-східної стінки Ярошівського родовища**



**Рис. 3. Валунний матеріал на Богуславському родовищі ділянка «Дешки», північна частина розкривного горизонту**

Так як в межах України льодовикові та воднольодовикові відклади мають значне поширення це все є результатом середньopleйстоценового зледеніння р. Оки та р. Дніпро таблиця 1.

Підрозділи четвертинної системи, згідно ICS (Міжнародної стратиграфічної комісії)

Система	Відділ	Ярус	Вік, млн рр. тому
Четвертинна	Голоценовий	Мейгальський	0,0042-0
		Нортгріппський	0,0082-0,0042
		Гренландський	0,0117-0,0082
	Плейстоценовий	Верхній	0,129-0,0117
		Чибанський	0,774-0,129
		Калабрійський	1,80-0,774
		Гелазький	2,58-1,80

Саме льодовикові відклади та похідні від них, що складені з несортованих уламків магматичних та метаморфічних порід, глин, суглинків, супісків та пісків поширені в межах давніх зледенінь (рис. 4).



**Рис. 4. Спрощена карта четвертинних льодовикових відкладів України, за Галецьким та Передерієм [6]:** 1 – південна межа дніпровських зледенінь; 2 – південна межа Ельстерського (Окського) зледеніння; 3 – гляціодислокації (1 – Канів, 2 – Пивиха, 3 – Калитва); 4 – зона випадіння флювіогляціальних відкладів; 5 – територія лесових та лесовидних відкладів; 6 – ділянки, де льодовикові відклади не поширені; 7 – територія, що досліджується

Льодовик Ока, що співставлений з льодовиком Ельстерном Західної Європи, мав поширення лише в крайній північно-західній частині України.

Дніпровський льодовик, що співставлений з Західноєвропейським льодовиком Заалію, мав поширення на значних площах території Поліської низовини, Подільської височини, Придніпровської височини та Придніпровської низовини [7].

Крайня точка поширення льодовикового язика, що є його південною межею, розташована поблизу м. Дніпро. Потужність порід льодовикового генезису змінюється від кількох метрів до 20-30 м, зрідка до 100 м. У крайовій зоні Дніпровського льодовика поширені гляціодислокації. Водно-льодовикові (флювіогляціальні) відклади (піски, галечники, супіски, суглинки, глини) залягають над і під мореною, а також утворюють своєрідні форми рельєфу (ками, ози, зандри). В міжльодовиків'я нагромаджувалися субаквальні глини, супіски, піски, торфи, загальною потужністю до 5-10 м, а за межами зледеніння – субаквальні викопні ґрунти. В перигляційній зоні льодовика утворювались леси – своєрідний комплекс еолово-делювіальних відкладів, які мають покривний та острівний типи залягання. Лесові породи вкривають близько 70 % території

України. Вони відсутні лише на більшій частині Полісся та в горах. Лесова товща перешаровується горизонтами викопних ґрунтів; її загальна потужність – від кількох до 30-50 м.

В північних регіонах України виділяють, як льодовикові так і флювіогляціальні відклади. Льодовикові відклади або тілли, складені з несортованих валунів та гальки різного складу та віку в дрібнозернистої глинистої мулової матриці. Потужність відкладів від 0,5 до більше 18 м.

Флювіогляціальні відклади часто підстеляють і навіть перекривають тіллє та створюють характерні форми рельєфу – ками, ескери та піщану рівнину. Потужність водно-льодовикових утворень коливається від перших метрів до 50 м, максимальна – 100-120 м.

Ділянки на півдні та сході від площ тіллу перекриті лесовими відкладами в яких знаходять поховані горизонти палеоґрунтів. Загальна потужність від 5 до 50 м. [7].

### **Висновки**

Названі гірничо-геологічні особливості залягання флювіогляціальних та гляціальних відкладів спричиняють необхідність коригування проєктних рішень при розробці родовищ щебеневої сировини для забезпечення стійкості бортів кар'єру і вимог промислової безпеки. Ці відклади, які складають істотну частину розкривних порід можуть також розглядатись в якості супутніх (в більш рідкісних випадках – в якості спільнозалягаючої корисної копалини), яка може використовуватись в будівельній індустрії та в ландшафтному дизайні.

Враховуючи особливості флювіогляціальних відкладів та їх форми залягання на прикладі розглянутих родовищ, ці особливості повинні бути врахованими при проведенні геолого-економічних оцінок родовищ. В першу чергу це стосується визначення напрямів використання такої сировини за умови її придатності, та в другу чергу, розробки відповідних параметрів кондицій на мінеральну сировину для комплексного освоєння родовищ щебеневої сировини.

### **Список використаних джерел:**

4. Закон України «Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>

5. Литвинчук, І.Д., Фролов, О.О. (2021). Проблеми виймання флювіогляціальних відкладів на розкривних уступах родовищ скельних будівельних порід. Тези VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Житомир: Житомирська політехніка, ст. 65-69.

6. Фролов, О. О., Литвинчук, І. (2022). Обґрунтування бульдозерно-екскаваторно-автомобільного комплексу для зняття розкривного шару флювіогляціальних відкладів в умовах соснівського родовища гранітів. *Геоінженерія*, (7), ст. 83–93. <https://doi.org/10.20535/2707-2096.7.2022.252758>

7. Lukomskyi, V.R., Lytvynchuk, I.D., Zhukova, N.I., Beltek, M.I., Frolov, A.A. (2022) Establishment of regularities of fluvioglacial deposits and problems of their extraction in the development of rock deposits of building materials. – Petrosani, Romania: «Universitas Publishin», 2022. pp 606-637. <https://doi.org/10.31713/m1124>

8. Манюк, В. В. (2017). Про змінення положення південної границі Дніпровського (риського) зледеніння. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Геологія. Географія*, 21, ст. 99-110.

9. Galets'kyi, L. Peredery, W. 2007. An atlas of the geology and mineral deposits of Ukraine. Toronto: University of Toronto Press. <https://doi.org/10.3138/9781442684003>

10. Ohar (2021) Carboniferous fauna from erratics in the Hradyzk area (Poltava region, Ukraine): paleo-ice streams indicator of the Dnipro glacial maximum, *Historical Biology*, 33:1, 78-87.



## **ПАРАМЕТРИ КОНДИЦІЙ ДЛЯ ПІДРАХУНКУ ЗАПАСІВ ШЕБЕНЕВОЇ СИРОВИНИ РОДОВИЩ В МЕЖАХ ПОШИРЕННЯ ЛЬОДОВИКОВИХ ВІДКЛАДІВ**

*Лукомський В.Р., аспірант, lukoma770@gmail.com;*

*Курило М.М., д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua;*

*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна*

В даному дослідженні об'єктами є родовища гранітів, які розробляються для виробництва щебеневої сировини і локалізовані в межах поширення гляціальних та флювіогляціальних відкладів. Традиційно параметри кондицій для таких родовищ враховують в основному вимоги до якості основної корисної копалини, глибини відпрацювання запасів та потужності розкривних порід. В даному дослідженні розглядається доцільність комплексного освоєння родовищ щебеневої сировини. Зокрема, пропонується розглядати розкривні породи, які представлені відкладами льодовикового походження, як супутні корисні копалини, які мають напрями використання сировини у будівельній індустрії та ландшафтному дизайні.

## **CUT-OFF PARAMETERS FOR RESERVES CALCULATION OF CRUSHED STONE DEPOSITS WITHIN THE DISTRIBUTION OF GLACIAL SEDIMENTS**

*Lukomskiy V., researcher of scientific degree, lukoma770@gmail.com;*

*Kurylo M., Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua;*

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The study objects are granite deposits, which are developed for the production of crushed stone, and are localized within the distribution of glacial and fluvioglacial deposits. Traditionally, the cut-off parameters for such deposits mainly take into account the requirements for the quality of the main mineral, the depth of working out reserves and the capacity of overburden. This study examines the expediency of comprehensive development of crushed stone deposits. In particular, it is proposed to consider overburden rocks, which are represented by deposits of glacial origin, as accompanying minerals, which have the directions of using raw materials in the construction industry and landscape design.

Актуальність роботи пов'язана із можливістю ефективного комплексного відпрацювання родовищ гранітів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів. Ефективність комплексного освоєння стосується використання розробки розкривних порід в якості будівельної сировини та матеріалу для ландшафтного дизайну. Доцільність такого освоєння повинна визначатися в результаті геолого-економічної оцінки, де окремим варіантом буде передбачено врахування розкриву як супутньої або спільнозалягаючої корисної копалини.

Врахування розкривних порід як супутньої корисної копалини передбачає розробку відповідних кондицій на мінеральну сировину, які визначені як «сукупність граничних вимог до якості та кількості мінеральної сировини в надрах, гірничо-геологічних умов залягання, гірничотехнічних та інших умов розробки продуктивних покладів, дотримання яких під час підрахунку забезпечує найбільш повний й економічно ефективний видобуток і використання наявних запасів та ресурсів корисних копалин» [2].

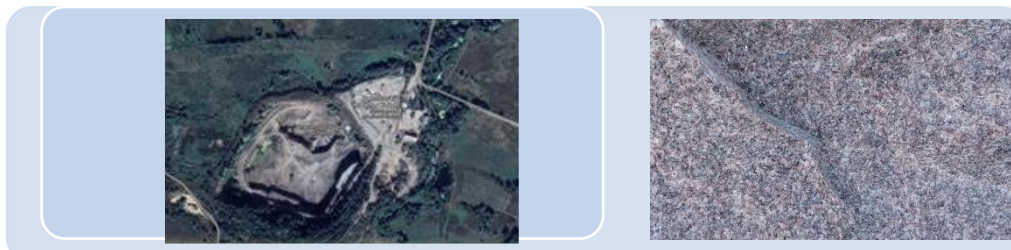
Власне для оконтурення промислових запасів встановлюють параметри кондицій, які є граничними абсолютними (мінімальними, максимальними) значеннями показників кондицій, які встановлюються для проби, інтервалу, розвідувального перетину, видобувного уступу чи підрахункового блоку продуктивного покладу на підставі техніко-економічних розрахунків, діючих стандартів та технічних умов, технічних завдань користувачів надр, досвіду геологорозвідувальних робіт та експлуатації родовищ [2].

Для узагальнення і систематизації параметрів кондицій для родовищ гранітів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів, використано вибірку родовищ, які мають достатній ступінь геологічного вивчення і промислового освоєння.

Для підрахунку запасів у 90 % випадків використано наступні параметри:

1. Стратиграфічні визначення корисної копалини – корисна копалина – нижньопротерозойські незмінені граніти та порушені вивітрюванням граніти уманського комплексу;
2. Параметри якості корисної копалини:
  - Фізико-механічні властивості, що визначають придатність сировини;
  - Для виробництва щебню будівельного відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2.7-75-98 «Щебінь і гравій щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови»;
  - Для виробництва каменю бутового відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-241:2010. «Камінь бутовий. Технічні умови»;
  - Продукти дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом, відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-210: 2010 «Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови», і можуть використовуватись у якості товарної продукції;
  - Корисна копалина придатна для виготовлення щебню щільного: фракції понад 5 до 10 мм вкл., понад 10 до 20 мм вкл., понад 20 до 40 мм вкл., понад 40 до 70 мм вкл. та суміш фракцій понад 5 до 20 мм вкл., понад 0 до 40 мм вкл., понад 0 до 70 мм вкл.;
  - Корисна копалина придатна для виготовлення каменю бутового;
  - Максимальна сумарна питома активність природних радіонуклідів у пробах корисної копалини не повинна перевищувати значення в 370 Бк/кг відповідно до ДБН В.1.4-1.01-97 «Система норм і правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні»;
3. Граничні вимоги до гірничо-геологічних умов розробки:
  - віднесення до розкривних порід окремі літологічні різновиди- ґрунтово-рослинний шар, пісок, жорстку та вивітрені граніти;
  - максимальна потужність розкривних порід становить від 1 до 28,5 м;
4. Встановлення охоронних ціликів, вибухонебезпечних зон та ін.;
5. Максимальна глибина розробки і горизонт підрахунку запасів.

На наступних схемах наведено приклади параметрів кондицій для типових родовищ щебеневої сировини Київської області.



#### ***Соснівське родовище гранітів***

- 1. Корисна копалина - незмінені та порушені вивітрюванням гранітоїди фахівського комплексу нижнього протерозою;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Горизонт підрахунку запасів +76,0 м, у контурі кар'єру, обґрунтованого робочим проектом.
- 5. За рівнем природної радіоактивності граніти повинні відповідати вимогам НРБУ 76.

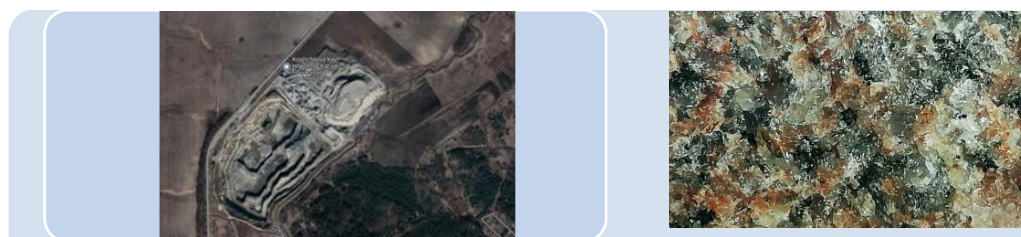
**Рис. 1. Параметри для підрахунку запасів Соснівського родовища**



### ***Богуславське родовище гранітів***

- 1. Корисна копалина - нижньопротерозойські незмінні граніти та порушені вивітрюванням граніти уманського комплексу;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебеню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Корисна копалина придатна для виготовлення щебеню щільного: фракції понад 5 до 10 мм вкл., понад 10 до 20 мм вкл., понад 20 до 40 мм вкл., понад 40 до 70 мм вкл. та суміш фракцій понад 5 до 20 мм вкл., понад 0 до 40 мм вкл., понад 0 до 70 мм вкл.;
- 4. Корисна копалина придатна для виготовлення каменю бутового;
- 5. До розкривних порід на родовищі віднести ґрунтово-рослинний шар, пісок, жорстку та вивітрєні граніти;
- 6. Максимальна потужність розкривних порід становить до 28,5 м;
- 7. Підрахунок запасів виконати в контурі проєктного кар'єру відповідно до проєкту розробки родовища, до відмітки +33,0 м;
- 8. Максимальна сумарна питома активність природних радіонуклідів відповідно до ДБН В.1.4-1.01-97;
- 9. Охоронні цілики навколо транспортних шляхів;
- 11. Охоронний цілик 100,0 м р. Рось;
- 12. Вибухобезпечна зону в 300,0 м від найближчих забудівель.

**Рис. 2. Параметри для підрахунку запасів Богуславського родовища**



### ***Кошівське родовище гранітів***

- 1. Корисна копалина - нижньопротерозойські незмінні граніти та порушені вивітрюванням граніти;
- 2. Фізико-механічні властивості корисної копалини, які визначають придатність для виробництва щебеню будівельного, для виробництва каменю бутового та продуктів дроблення граніту на фракційний щебінь, які представлені відсівом;
- 3. Підрахунок запасів виконати в контурі кар'єра до горизонту з абсолютною відміткою +45,0 м.
- 5. За рівнем природної радіоактивності граніти повинні відповідати вимогам НРБУ 76.

**Рис. 3. Параметри для підрахунку запасів Кошівського родовища**



Як бачимо, у переліку параметрів відсутні показники, які характеризують можливість використання гляціальних та флювіогляціальних порід, які складають істотну частину розкриву даних родовищ. Для оцінки використання цих порід, в якості супутньої корисної копалини, пропонується врахувати їх геологічні особливості. Оскільки у північних регіонах України виділяють як льодовикові так і флювіогляціальні відклади. Льодовикові відклади або тілли, складені з несортованих валунів та гальки різного складу та віку в дрібнозернистої глинистої мулової матриці. Потужність відкладів від 0,5 до більше 18 м. Ці відклади, які складають істотну частину розкритих порід можуть також розглядатись в якості супутніх або спільнозалягаючих корисних копалин, які можуть або вже використовуються в будівельній індустрії та в ландшафтному дизайні.

Оскільки використання розкриву змінює ефективність розробки основної корисної копалини, то в даному випадку доречним є застосування граничного коефіцієнту розкриття ( $k_{гр}$ ), який характеризує питомий (на одиницю корисної копалини) максимальний об'єм розкритих порід, що переміщуються, при якому витрати ( $C_v'$ ) на видобуток одиниці корисної копалини відкритим способом не перевищують аналогічних витрат ( $C_p$ ) при підземному способі, тобто  $C_v' \leq C_p$ . Величина  $C_v'$  визначається за формулою (формула 1):

$$C_v' = C_v + k_{т} \cdot C_p \quad (1)$$

де:

$C_v$  – витрати на видобуток 1т корисної копалини без врахування витрат на розкриті роботи, грн;

$C_p$  – витрати на розробку 1м<sup>3</sup> розкритих порід, грн;

$k_{т}$  – поточний коефіцієнт розкриття, м<sup>3</sup>/т.

Значення коефіцієнту розкриття є важливими показниками відкритих розробок. Вони служать для визначення економічно ефективних границь відкритих гірничих робіт і граничної глибини кар'єрів при розробці похилих і крутих покладів, що залягають на значній глибині, а також для планування продуктивності кар'єру і собівартості корисної копалини.

Таким чином, при комплексному освоєнні родовищ грантів, які розташовані в межах поширення льодовикових відкладів, повинна проводитись геолого-економічна оцінка, яка передбачає хоча б один варіант альтернативного використання розкритих порід як супутньої або спільнозалягаючої корисної копалини. Параметрами кондицій, які додатково до традиційних параметрів якості та кількості запасів рекомендуються до використання, є граничний коефіцієнт розкриття та мінімальні/максимальні розміри валунів і уламків в породах гляціального і флювіогляціального походження, які можуть використовуватись в якості будівельної сировини та матеріалу для ландшафтного дизайну.

#### **Список використаних джерел:**

1. Вимоги до комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничого виробництва. Державна комісія України по запасах корисних копалин., Київ, 1997 рік., ст. 17.

2. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до родовищ будівельного й облицювального каменю. Офіційний вісник України офіційне видання від 21.02.2003 – 2003 р., № 6, ст. 205, стаття 261, код акта 24374/2003.

3. Про затвердження Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Офіційний вісник України офіційне видання від 1997— 1997 р., № 19, ст. 104, код акта 700/1997.

4. Про затвердження Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. Офіційний вісник України офіційне видання від 15.02.2006 р., № 5, ст. 137, стаття 246, код акта 35044/2006.

## **ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ**

**Жук П.В.**, к. екон. н., с. н. с., *pzhuk@ukr.net*,

*ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долішнього НАН України», м. Львів, України*

Розглянуто питання щодо ролі природно-ресурсного потенціалу в економіці Карпатського регіону України. Звернуто увагу на частку пов'язаних з природокористуванням галузей у валовому регіональному продукті й зайнятості населення регіону. Наведено оцінку потенціалу мінерально-сировинних ресурсів регіону відповідно до методики Світового банку. Вказано на можливості подальшого використання природних ресурсів регіону, зокрема ресурсів надр, стратегічну недооцінку таких можливостей. Розкрито шляхи вирішення проблем використання потенціалу мінерально-сировинних ресурсів регіону Українських Карпат.

## **NATURAL RESOURCE CAPACITY OF MINERAL RAW MATERIALS IN THE CARPATHIAN REGION OF UKRAINE: PROBLEMS OF UTILIZATION**

**Zhuk P.**, *Cand. Sci. (Econ.)*, senior scientific researcher, *pzhuk@ukr.net*,

*SI «Institute of Regional Research named after M.I. Dolishnyi of the NAS of Ukraine», Lviv, Ukraine*

The article considers the role of natural resource capacity in the economy of the Carpathian Region of Ukraine. Attention is drawn to the share of nature-related industries in the Gross Regional Product and employment in the region. The article evaluates the capacity of mineral resources of the region in accordance with the World Bank methodology. The author emphasizes the possibilities of further utilization of the region's natural resources, in particular the subsoil resources, and the strategic underestimation of such possibilities. Ways of solving the problems of utilization of the capacity of mineral resources of the Ukrainian Carpathians are revealed.

У всі історичні періоди використання природних ресурсів, зокрема ресурсів надр, служило господарському розвитку Карпатського регіону. Його економічне обличчя в різні часи визначали видобуток солі та солеваріння, нафто- й газовидобування, розробка родовищ вугілля, сірки, калійних солей, різноманітних будівельних матеріалів. Однак ситуація змінюється і потенційні можливості використання мінеральних ресурсів регіону не знаходять достатньо повної реалізації.

Метою автора є висвітлення питань щодо економічного потенціалу мінеральної сировини Карпатського регіону України, проблем і шляхів його господарського використання.

У радянський період добувна, паливно-енергетична, хімічна й нафтохімічна промисловість, промисловість будівельних матеріалів, що розвивалися на місцевій мінерально-сировинній базі, давали майже 20% валової промислової продукції регіону, частка якої у валовому регіональному продукті регіону перевищувала половину. В цих галузях було зайнято 16% усього промислово-виробничого персоналу. Протягом 50-80-их років минулого століття у Львівській та Івано-Франківській областях регіону було видобуто й використано в інтересах економіки Радянського Союзу 100 млн. т нафти, 270 млрд. куб. м природного та попутного газу, 280 млн. т вугілля [1]. До 70-их років Прикарпаття було основною базою видобутку вуглеводневої сировини в СРСР.

Значна частина виробництв, що займали провідне місце в економіці регіону, у пострадянський період втратили замовників своєї продукції та ринки збуту. Деякі з них припинили своє функціонування. Це зумовило суттєві трансформації у господарстві областей регіону. Частка промисловості у створюваному в регіоні валовому регіональному продукті та валовій доданій вартості знижувалася, зрештою поступившись сфері послуг. Питома вага добувної галузі в обсязі промислової продукції регіону зменшилася до 4-5%. До сьогоднішнього часу частина раніше розвіданих запасів мінеральної сировини в регіоні виснажилася без включення у баланс нових. Мінливою є і ринкова кон'юнктура стосовно неї. Водночас фактичні запаси мінерально-сировинних ресурсів в надрах регіону є значними і можуть знову стати одним із драйверів його економіки. Проведена за методологією Світового банку, яка дозволяє виявити безпосередні економічні ефекти від використання природних ресурсів за вартістю видобутої мінеральної сировини, економічна оцінка тільки балансових запасів вуглеводневої сировини

областей Карпатського регіону України становила у цінах 2010 р. майже 260,0 млрд дол. США [2]. У перерахунку за світовими цінами на середину вересня 2023 р. вона зросла до 263,8 млрд дол. США, або 9646,8 млрд грн. Це при тому, що за оцінками фахівців в регіоні також наявні нерозвідані запаси нафти, природного газу, що перевищують балансові.

Тривале панування теорії неолібералізму, разом із захопленням в Україні модерними ідеями постіндустріального розвитку без урахування вітчизняних реалій, призвели до недооцінки, а то й ігнорування можливостей, які надає потенціал мінерально-сировинних ресурсів регіону Українських Карпат. Зокрема, це спостерігається у стратегіях регіонального розвитку. Аналіз прийнятих у регіоні документів – Регіональна стратегія розвитку Закарпатської області на період 2021 – 2027 років; Стратегія розвитку Івано-Франківської області на 2021 – 2027 роки; Стратегія розвитку Львівської області на період до 2027 року; Стратегія розвитку Чернівецької області на період до 2027 року – засвідчує відсутність орієнтування на видобувну та пов'язані з нею переробні галузі промисловості у їх стратегічних та операційних цілях.

Водночас відомий норвезький економіст Ерік Рейнерт доводить, що економічне благополуччя творить тільки індустріалізація [3], причому країни з невисоким рівнем розвитку економіки мають використовувати для індустріалізації усі наявні можливості, у тому числі – мінерально-сировинні, створюючи таким чином підвалини для вирішення проблем зайнятості населення, уникнення криз, притаманних аграрним економікам, досягнення стійкого економічного розвитку. З такими міркуваннями не можна не погодитися, однак в нашій країні вони нехтувалися, зокрема через відсутність належного державного втручання й протекціонізму. Надаючи ресурси надр майже цілковито на відкуп приватному сектору, держава зазнала відчутних втрат через неадекватні ставки рентних платежів за користування надрами, недостатність коштів для інвестування геологорозвідувальних робіт та відтворення балансових запасів мінеральних ресурсів, низьку зацікавленість надрокористувачів у переробці видобутої сировини, недоліки державного контролю в системі регулювання відносин у сфері надрокористування.

Подолання цих та інших проблем, які стоять на перепоні сталого, ефективного використання мінерально-сировинних ресурсів регіонів України, вбачається через:

- посилення державних інститутів в усіх сферах; викорінення корупції на усіх управлінських рівнях, що стане запорукою формування прозорих відносин у сфері надрокористування;
- усунення диктату бізнес-груп й окремих приватних осіб у державних компаніях, що покликані реалізувати суспільні інтереси у видобувній галузі, постачанні, переробці, розподілі її продукції, геологорозвідці й відтворенні запасів мінерально-сировинних ресурсів;
- повернення державному сектору ролі ефективного стратегічного інвестора у сфері надрокористування й переробки мінеральної сировини;
- запровадження інструментів державно-приватного партнерства у сфері геологорозвідувальних робіт, добувної та пов'язаної з нею галузей переробної промисловості, у тому числі через створення Державного фонду геологорозвідки й підтримки добувної промисловості на основі фіксованих відрахувань від рентної плати за користування надрами для видобування корисних копалин та підтримку з коштів Фонду відповідних інвестиційних проєктів недержавного сектору економіки.

Ці та інші орієнтири й заходи служитимуть ефективному використанню природно-ресурсних благ, будуть каталізаторами регіонального економічного розвитку.

#### **Список використаних джерел:**

1. Карпатський регіон: актуальні проблеми та перспективи розвитку: *монографія* у 8 томах. Том I. Екологічна безпека та природно-ресурсний потенціал / відп. ред. В. С. Кравців. Львів, 2013. С. 161.
2. Жук П. В. Територіальний розвиток, природне довкілля, економіка: наукові розвідки: *монографія*. Львів, 2023. С. 69.
3. Див.: Райнерт Е. 11 відвертих спостережень і порад. *День*. №71. 18 квітня 2019.

## **ЧОРНІ АРГІЛІТИ ФАНЕРОЗОЮ ЗАХОДУ УКРАЇНИ – НЕТРАДИЦІЙНІ КОЛЕКТОРИ НАФТИ І ГАЗУ**

**Попп І.Т.**, к. геол.-мін. н., с. наук. с., *itpopp@ukr.net*,

**Гавришків Г.Я.**, к. геол. н., *galinah2404@gmail.com*,

**Гасєвська Ю.П.**, к. геол. н., *yuhaievska@ukr.net*,

**Мороз П.В.**, *petro.m.v@gmail.com*,

**Шановалов М.В.**, *miss.v.sha@gmail.com*,

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Наведено дані з літології, геохімії та мінералогії бітумінозних кременисто-глинистих порід нижньої крейди та олігоцену Карпат та чорних сланців нижнього силуру Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи. У крейдово-палеогенових флішових відкладах Карпат нетрадиційними колекторами є, як правило, теригенно-глинисті або кременисто-глинисті породи сланцево-шаруватої текстури або ущільнені пісковики, локалізовані в традиційних нафтових, газових чи конденсатних покладах. Перспективними для пошуку сланцевого газу є нижньосилурійські глинисті відклади Волино-Поділля.

## **BLACK SHALES OF PHANEROZOIC OF THE WESTERN UKRAINIAN – UNCONVENTIONAL RESERVOIRS OF THE OIL AND THE GAS**

**Popp I.**, PhD (Geol.-Mineral.), senior scientist, *itpopp@ukr.net*,

**Havryshkiv H.**, PhD (Geol.), *galinah2404@gmail.com*,

**Hayevska Yu.**, PhD (Geol.), *yuhaievska@ukr.net*,

**Moroz P.**, *petro.m.v@gmail.com*,

**Shapovalov M.**, *miss.v.sha@gmail.com*,

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals, NAS Ukraine, Lviv, Ukraine*

Data from the lithology, geochemistry and mineralogy of bituminous siliceous-clay rocks of Lower Cretaceous and Oligocene of the Carpathians and black shales of Lower Silurian of the Volyn-Podilya edge of the East European platform are presented. In Cretaceous-Paleogene flysch deposits of the Carpathians, unconventional reservoirs are usually terrigenous-clay or siliceous-clay rocks with shale and layered texture or compacted sandstones localized in conventional oil, gas or condensate deposits. Lower Silurian clay deposits of Volyn-Podillya are promising for the search for shale gas.

Проблема нетрадиційних колекторів з низькою пористістю і проникністю тісно пов'язана з проблемою “сланцевого газу” і “сланцевої нафти”, якій останнім часом є дуже актуальною і їй дослідники [4–8, 10, 13–15] приділяють велику увагу. Метою наших досліджень є порівняти літологічні, геохімічні та мінералогічні особливості вуглецевмісних глинистих і кременисто-глинистих порід крейдово-палеогенового флішу Українських Карпат та нижнього силуру Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи і визначити фактори, які сприяли формуванню у цих осадових товщах зон “нетрадиційних колекторів” тріщинного і змішаного типів.

Результати дослідження геохімії органічної речовини (ОР) і нафтоматеринських властивостей нижньокрейдових і олігенових бітумінозних порід карпатського флішу знаходимо в працях [1, 12]. В наших працях [2, 3, 9–11] розглядаються геолого-палеоокеанографічні та геохімічні умови формування відкладів карпатського флішу, висвітлені результати літолого-петрографічних досліджень порід-колекторів палеогенового нафтогазоносного комплексу Передкарпатського прогину і Скибової зони (спаська світа, баррем-альб, ямненська світа, палеоцен, вигодська світа, середній еоцен, менілітова світа, олігоцен) (спаська світа, баррем-альб, ямненська світа, палеоцен, вигодська світа, середній еоцен, менілітова світа, олігоцен), встановлені основні закономірності розповсюдження порід-колекторів різного типу (порового, змішаного, тріщинного). Зазвичай порід-колекторами є пісковики і алевроліти, іноді “нетрадиційними колекторами” можуть бути тріщинуваті зони в кременисто-глинистих породах шаруватої текстури.

Крейдово-палеогеновий осадовий комплекс Українських Карпат розглядається як відклади другого рівня лавинної седиментації, тобто континентального схилу і його підніжжя. Нами [9, 11] виокремлені три головні літолого-геохімічні типи (ЛГХТ) цих осадових утворень, що відрізняються вмістом  $\text{SiO}_{2\text{гiог}}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ : сірі вапняковисто-глинисто-теригенні (ЛГХТ I),

невапняковисті або слабовапняковисті, часто строкаті глинисто-теригенні (ЛГХТ II), чорні вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті товщі (ЛГХТ III). Їх седименто-діагенез відбувалися в різних фізико-хімічних умовах середовища (окисних, відновних), що зумовило різну специфіку процесів катагенезу і вплинуло на формування їх нафтогазоносності, зокрема колекторських властивостей. Найбільш перспективними для прогнозу зон розвитку зон “нетрадиційних порід-колекторів” є вуглецевмісні баррем-альбські та олігоценіві відклади (ЛГХТ III). Ці осадові утворення формувалися під час фаз океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 і ОАЕ-4 в мезопелагічній частині Карпатського сегменту океану Тетис [11]. Вони характеризуються нами як нафтогазоматеринські і потенційно нафтогазоносні і широко розвинені в межах Українських Карпат та виділені в шипотську, спаську (баррем-альб), менілітову і дусинську (олігоцен) світи. Їх характерними особливостями є високий вміст  $C_{org}$  і  $SiO_{2\delta iog}$  в теригенно-глинистих породах, наявність горизонтів силіцитів.

Для осадових утворень ЛГХТ III притаманне темно-сіре до чорного або темно-буре забарвлення, зумовлене підвищеним вмістом розсіяної органічної речовини (POR) і піриту. Характерною особливістю вуглецевмісних кременисто-глинистих порід також є їх сланцювата текстура. Головним літологічним типом порід у цих товщах є бітумінозні аргіліти (так звані “чорні сланці”), складені оптичноорієнтованим тонколукуватим агрегатом глинистих мінералів (гідрослюда, монтморилоніту, хлориту), забарвленим у темно-бурий і бурий кольори POR. Її нерівномірний розподіл в основній масі аргілітів зумовлює чергування чорних і темно-бурих нитко- і лінзоподібних хвилястих мікросмуг з яснішими (бурими і ясно-бурими) мікросмугами і прошарками, які не мають чітких обмежень та орієнтовані в одному напрямі по нашаруванню. Кременисто-глиниста основна маса порід містить більшу або меншу кількість кластичного матеріалу алевритової розмірності. Мікроструктурні неоднорідності також пов’язані з кременистими включеннями. Трапляються дрібні сфероліти і віялоподібні агрегати халцедону, а також мікростяжіння криптокристалічного  $SiO_2$  (опалу, халцедону). Рештки організмів з кремнієвою функцією представлені халцедоновими параморфозами по скелетах діатомей, черепашках радіолярій і спікулах губок. Хімічний склад скременілих некарбонатних аргілітів характеризується значним коливанням кількості  $SiO_2$  – від 41,0 до 68,77 %, при вмісті  $Al_2O_3$  – 9,01–16,41 %. У разі підвищеної кількості аутигенного кремнезему (халцедон, опал) загальний вміст  $SiO_2$  іноді підвищується до 74,37 %, а вміст  $Al_2O_3$  становить лише 8,01 %. Серед мінералів важкої фракції аргілітів різко переважає пірит (75–95 %). Нижньокрейдові та олігоценіві вуглецевмісні кременисто-глинисті відклади Українських Карпат мають значний нафтогенераційний потенціал. За даними рентгенофрактометрії в глинистій фракції цих порід присутні гідрослюда, монтморилоніт, хлорит, зрідка каолініт, а також змішан шаруваті утворення типу гідрослюда–монтморилоніт і гідрослюда-хлорит, вміст яких різко зменшується в зоні глибинного катагенезу.

В окремих випадках, в сприятливих геологічних умовах скременілі глинисті або алевро-глинисті породи в нафтогазоносних товщах карпатського флішу можуть бути нетрадиційними колекторами нафти тріщинного типу. Зокрема, в Бориславському нафтопромисловому районі, у свердловинах 28-Орів, 9-Іваники, 2-Нижня Стинава отримані припливи нафти з інтервалів, де в розрізі переважають тріщинуваті аргіліти або ущільнені пісковики манявської і менілітової світи. В Долинському нафтопромисловому районі часто прояви нафтогазоносності приурочені до горизонтів, складених перешаровуванням алевролітів і аргілітів (св. 80-Вигода-Витвицька). Тонко- і мікрошаруваті текстури цих порід сприяли розвитку в них субгоризонтальної пошарової літогенетичної тріщинуватості, і тому з такими осадовими утвореннями можуть бути пов’язані зони поширення колекторів змішаного типу (порово-тріщинних, тріщинно-порових). У фільтраційних властивостях кременисто-глинистих порід-колекторів менілітової світи значна роль належить субгоризонтальній літогенетичній тріщинуватості. На нашу думку цьому сприяє краще збереження седиментаційної шаруватості у вуглецевмісних товщах (ЛГХТ III), які нагромаджуються у відновних умовах, де відсутні біотурбації.

У межах Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи найперспективнішими комплексами порід щодо пошуків “сланцевого газу” є кембрійський, ордовіцький та силурійський. Найбільші перспективи пов’язують із силурійськими відкладами [5]. Вони представлені темно-сірими до чорних аргілітами, інколи тріщинуватими, часто

піритизованими, з відбитками граптолітів. Нагромаджувалися ці відклади в теплому неглибокому морі на східному шельфі Західноєвропейського морського басейну.

За результатами проведених нами [10] рентгенодифрактометричних досліджень встановлено, що асоціація глинистих мінералів в цих породах представлена головно гідрослюдою (1,05–1,0–0,99, 0,49, 0,44, 0,334 0,238 нм) і хлоритом (1,42, 0,71–0,70, 0,47, 0,355, 0,281 нм). Іноді присутня різко підпорядкована кількість змішан шаруватих утворень типу гідрослюда–монтморилоніт (1,10–1,20 нм) і каолініту (0,73, 0,71, 0,355 нм). За результатами геохімічних досліджень можна виділити наступні різновиди порід: чорні скременілі аргіліти ( $\text{SiO}_{2\text{вільн}}$  – 14,10–14,50 %, алюмосилікати – до 82,27–82,44 %) масивної текстури, які містять відносно малу кількість карбонатів ( $\text{CaCO}_3$  – 2,07–2,27 %) і ОР ( $\text{C}_{\text{орг}}$  – 0,36–0,88 %); темно-сірі аргіліти сланцюватої текстури, які характеризуються відносно вищим вмістом кальциту ( $\text{CaCO}_3$  – 3,40 %), ОР ( $\text{C}_{\text{орг}}$  – 2,35–2,43 %) і меншим кварц-халцедонової домішки ( $\text{SiO}_{2\text{вільн}}$  – 0,67 %, алюмосилікати – до 90,56 %). Найвища кількість органічної ( $\text{C}_{\text{орг}}$  – 3,44–3,51 %) і карбонатної (кальцит  $\text{CaCO}_3$  – 7,97 %) домішки встановлена в темно-сірих скременілих аргілітах ( $\text{SiO}_{2\text{вільн}}$  – 13,87 %, алюмосилікати – до 72,34 %) косошаруватої текстури. В першому з цих різновидів порід ОР недостатньо, щоб забезпечити реалізацію їх газоматеринських властивостей, а також гідрофобізацію порового простору. Породи з відносно вищим вмістом  $\text{C}_{\text{орг}}$  за сприятливих геологічних та геохімічних умов можуть гідрофобізуватися і бути колекторами вуглеводнів, зокрема “сланцевого газу”.

Значну роль у формуванні фільтраційно-ємнісних властивостей “нетрадиційних колекторів” відігравали шарувата текстура вуглецевмісних відкладів, а також катагенетична трансформації породоутворювальних глинистих (гідрослюдидація монтморилоніту) і кремнеземистих мінералів та їх гідрофобізація.

Особливістю крейдово-палеогенових флішових відкладів Карпат є те, що вони на різних структурних поверххах перебувають в різних зонах катагенезу. Відповідно, бітумінозні товщі нижньої крейди і олігоцену містять ОР (кероген) різного ступеня зрілості і мають значний нафтогазоматеринський потенціал. Карпатська провінція – традиційний нафтогазоносний регіон, який характеризується складною складчасто-насувною будовою, де нафтогазові поклади, зазвичай приурочені, до структурних пасток. Типовими породами-колекторами порового типу тут є пласти пісковиків і алевролітів. Під “нетрадиційними колекторами” в цих товщах ми розуміємо теригенно-глинисті або кременисто-глинисті породи зі сланцюватою і шаруватою текстурою або ущільнених пісковиків, які зазнали глибоких катагенетичних перетворень і можуть бути колекторами тріщинного або змішаного (порово-тріщинного і тріщинно-порового типів), які містять в поровому просторі скупчення нафти, газу або конденсату, але локалізовані в звичайних родовищах.

Нижньосилурійські глинисті відклади південного заходу Східно-Європейської платформи зазнали катагенетичних перетворень впродовж довшого проміжку геологічного часу і їх можна розглядати як “перезрілі” нафтоматеринські товщі. Вони перспективні на пошуки “сланцевого газу” і набагато ближчі до поняття “нетрадиційні колектори” або “нетрадиційні нафтогазові комплекси”, яке широко використовується геологічній літературі. “Нетрадиційним колектором” у цьому випадку є глинисті або кременисто-глинисті породи, які є одночасно материнськими, покришками і колекторами “сланцевого газу”. Перспективною у цьому випадку є вся товща, поклади не приурочені до структурних або літологічних пасток, одними з основних пошукових критеріїв є катагенетична зрілість порід і вміст  $\text{C}_{\text{орг}}$  (ТОС – total organic carbon).

#### Список використаних джерел:

1. Габинет М.П., Габинет Л.М. К геохимии органического вещества битуминозных аргиллитов флишевой формации Карпат. // Геология и геохимия горючих ископаемых, 1991, № 76. С. 23–31.
2. Гавришків Г.Я. Мінералого-петрографічні особливості палеоценових відкладів Берегової і Орівської скиб Українських Карпат в аспекті їх нафтогазоносності. Автореф. дис. канд. геол. наук. Львів, 2019 р. 24с.



3. Гаєвська Ю.П. Літо-фаціальні особливості еоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського та передових скиб Скибової зони Українських Карпат у зв'язку з їх нафтогазоносністю. Автореф. дис. канд. геол. наук. Львів, 2019 р. 24с.
4. Григорчук К.Г., Сеньковський Ю.М. Дискретне формування резервуарів “сланцевого” газу в ексфільтраційному катагенезі. // Геодинаміка, 2013, № 1. С. 61–67. <https://doi.org/10.23939/jgd2013.01.061>.
5. Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр, 2014. 400 с.
6. Куровець І.М., Михайлов В.А., Зейкан О.Ю. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн.1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів: огляд проблеми. Київ: Ніка-Центр, 2014. 208 с.
7. Лукин А.Е. Сланцевый газ и его перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США). // Геологічний журнал, 2010, № 3. С. 17–33.
8. Лукин А.Е. Сланцевый газ и его перспективы его добычи в Украине. Статья 2. Черносланцевые комплексы Украины и перспективы их газоносности в Вольно-Подолії и Северо-Западном Причерноморье. // Геологічний журнал, 2010, № 4. С. 7–23.
9. Попп І.Т. Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та українських Карпат. Частина 1. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення // Геологія і геохімія горючих копалин, 2005. № 3–4. С. 43–59.
10. Попп І., Мороз П., Шаповалов М. Літогеохімія чорних аргілітів фанерозою заходу України – нетрадиційних колекторів вуглеводнів // Геологія і геохімія горючих копалин. 2022. № 1–2 (187–188). С. 82–102. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.082>.
11. Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г. та ін. Безкисневі події океану Тетис. Київ: Наук. думка, 2012. 183 с.
12. Koltun Yu.V. Source rock potential of the black formation of the Ukrainian Carpathians. // Acta Geologica Hungarica, 1993, № 2 (36). P. 251–261.
13. Cipolla C.L., Lolon E.P., Erdle J.C., Rubin B. Reservoir Modeling in Shale-Gas Reservoirs. // SPE Res Eval & Eng, 2010, № 4 (13). P. 638–653. <https://doi.org/10.2118/125530-PA>.
14. Curtis J.B. Fractured shale-gas systems. // AAPG Bulletin, 2002, №11 (86), P. 1921–1938.
15. Naumko I.M., Kurovets' I.M., Zubyk M.I. et al. Hydrocarbon compounds and plausible mechanism of gas generation in “shale” gas prospective Silurian deposits of Lviv Paleozoic depression. // Геодинаміка, 2017, № 1 (22). P. 26–41. <https://doi.org/10.23939/jgd2017.01.036>.

## ГЕОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

**Ремезова О.О.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, *elena.titania2305@gmail.com*;

**Паюк С.О.<sup>2</sup>**, *office@dkz.gov.ua*,

**Багрій І.Д.<sup>1</sup>**, д. геол. н., професор, *bagrid@ukr.net*;

1 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,

2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

Україна має мінерально-ресурсну базу для виготовлення сонячних панелей. В статті аналізується мінерально-сировинна база силікатної сировини України. Основою сучасного виробництва такого обладнання мають стати родовища якісної кварцової сировини: Мацківське і Баницьке, в яких найменше домішок. Також відомо ряд інших перспективних проявів і родовищ, які потребують довивчення. Авторами розроблено геолого-географічні засади розміщення сонячних електростанцій. Пропонується розміщувати такі енергетичні установки в південних областях України, зокрема на ділянках в межах Ізмайльського адміністративного району (Одеська обл.) та приурочених до заплави р. Дунай, а також на малопродуктивних землях інших регіонів України. Необхідно поновити роботи по дослідженню сировини для отримання чистого кремнію, оскільки не був досліджений просторовий розподіл домішок в кварцовій сировині родовищ, потрібно відібрати для цих досліджень додаткові проби, побудувати геолого-гірничі моделі родовищ та на цій основі розробити проекти для їх відпрацювання за новими критеріями. Потребує також доопрацювання технологічна схема збагачення на підставі нових даних. Ці об'єкти мають бути переоцінені для отримання чистого кремнію з метою створення умов для розвитку власного виробництва обладнання для сонячної енергетики та іншої продукції високих технологій.

## GEOLOGICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR ENERGY IN UKRAINE

**Remezova O.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Associate Professor, *elena.titania2305@gmail.com*;

**Paiuk S.<sup>2</sup>**, *office@dkz.gov.ua*;

**Bagriy I.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Professor, *bagrid@ukr.net*,

1 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

2 – State Commission for Geology and Mineral Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Ukraine has a mineral resource base for the production of solar panels. The article analyzes the mineral resource base of silicate raw materials in Ukraine. The basis for modern production of such equipment should be deposits of high-quality quartz raw materials: Matskivske and Banitske, which have the lowest level of impurities. There are also a number of other promising occurrences and deposits that require further study. The authors have developed geological and geographical principles for the location of solar power plants. It is proposed to locate such power plants in the southern regions of Ukraine, in particular on sites within the Izmail administrative district (Odesa region) and adjacent to the Danube River floodplain and on unproductive lands in different regions of Ukraine. It is necessary to resume work on the study of raw materials for the production of pure silicon, since the spatial distribution of impurities in quartz raw materials of the deposits has not been studied, it is necessary to select additional samples for these studies, build geological and mining models of the deposits and, on this basis, develop projects for their development according to new criteria. The technological scheme of beneficiation also needs to be revised based on the new data. These facilities should be reassessed to produce pure silicon in order to create conditions for the development of domestic production of solar energy equipment and other high-tech products.

Сонячна енергетика України – відносно нова галузь електроенергетики України, яка стрімко розвивається. В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на одному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори (Швеція, Німеччина, США тощо). Основні параметри, що визначають доцільність конструктивного вирішення глобальної енергетичної проблеми, включають широкий комплекс природних факторів: геологічну будову, еколого-кліматичні характеристики та один із найважливіших природних факторів ХХІ сторіччя – використання значних обсягів прісних поверхневих вод без нанесень шкоди довкіллю. При цьому необхідно забезпечити найбільш раціональний вибір ділянок під розміщення сонячних електростанцій.

З початком повномасштабної війни, розв'язаної рф, об'єкти української енергетики опинилися під прицілом російських військ. Енергосистема витримала сотні атак і навіть пережила перший у своїй історії блекаут. Загалом пошкоджено близько 50% енергетичної інфраструктури країни. в т.ч. постраждали і об'єкти так званої зеленої енергетики. Частка останньої в структурі виробництва в Україні складала понад 13%. Восени 2022 року з

експлуатації були вимушено виведені майже всі вітрові електростанції та близько половини сонячних і тому цей показник в енергобалансі впав більш ніж удвічі. Внаслідок бойових дій та перебування в окупації було пошкоджено багато об'єктів сонячної енергетики. Тому стоїть завдання відновлення та в подальшому розвитку цієї галузі. До 2022 р. інвестиції в галузі «зеленої енергетики» становили 12 млрд дол. Основними учасниками сектору сонячної енергетики були компанії VR Global, Scates, CNBM, TIU Canada та інші [4]. При цьому Україна має можливість розвивати власне виробництво сонячних електростанцій.

В 2010 р. в Інституті геологічних наук НАН України спільно з іншими закладами НАНУ виконувався проєкт «Визначення технологічних властивостей, мінеральних складових та форм домішкових сполук кварцової сировини на базі оцінки якісних та кількісних показників стану українських родовищ кварцової сировини (обладнання та матеріали)». Цей проєкт був пов'язаний з необхідністю отримання чистого і надчистого кремнію. Основним споживачем такої сировини є виробництво сонячних батарей. Далеко не всі родовища кремнієвої сировини в Україні відповідають високим вимогам виробництва, тому постало питання їх вивчення.

Метою цієї роботи було визначення кількісних та якісних показників стану кварцових родовищ Біла Скеля, Васильківське, Мацківське та Баницьке на основі їх геолого-мінералогічних, літологічних, петрографічних досліджень, а також визначення технологічних властивостей, мінеральних складових форм домішкових сполук у кварцовій сировині цих родовищ.

Методи досліджень. Для дослідження умов залягання родовищ побудована серія розрізів та карт. Для визначення якісних і кількісних показників кварцової сировини були проаналізовані зразки з усіх чотирьох родовищ, проведено визначення концентрації хімічних елементів-домішок, форм їх входження і оцінка якості кварцу з цих родовищ. Застосовувалась оптична мікроскопія, спектральний хімічний аналіз та електронний парамагнітний резонанс. Проведене визначення неструктурних (мінеральних) домішок кварцу дозволило вибрати схему збагачення і провести лабораторне збагачення кварцової сировини для отримання камерного кварцу (рис. 1)[2].



**Рис. 1. Схематична карта розташування мінерально-сировинної бази України кварцитів та кварцу та кварцитів для вогнетривів [2]**

Вперше було досліджено можливості використання кварцової сировини для отримання чистого кремнію. До цього ці родовища використовувались для одержання вогнетривів та будівельної сировини.

В результаті досліджень було встановлено, що серед родовищ кварцової сировини найбільш перспективними є Баницьке, Біла Скеля, Васильківське і Мацківське. Ці родовища розташовані групами. Баницьке родовище розташоване між рр. Десна і Сейм у Сумській обл., а в геологічному відношенні – в зоні зчленування Воронежського кристалічного масиву і Дніпровсько-Донецького грабену. В межах району спостерігається незначне пониження відкладів крейди, обмежене двома уступами Шостка-Глухів-ст.Заруцька і с. Дубовичі-Ворголь-Путівль. Між уступами потужність палеогенових і неогенових відкладів збільшена, включаючи утворення бучацької світи, до якої тяжіють родовища кварцитоподібних пісковиків: Баницьке, Мойсїївське, Романівське, Ховзовське, Дурівське, Іщутине-Волобцевське, та ряд родовищ з малими запасами: Берюхівське, Кушкінське, Забілівщина, Дурівське-2, Самаркінське, Будище, Кочерги, Займи, прояви: Собичівські Дачі, Крутишенське. Курдюмівське, Мацково, Метлах та інші. Мацківське родовище розташоване поряд з Баницьким, на півдні Глуховецького району, на вододілі рр. Есмань і Клевень (басейн р. Сейм). В межах Васильківського кварцитового поля розташовані родовища Васильківське та Біла Скеля (Дніпропетровська обл.). Васильківське (Ульянівське) родовище розташоване за 10-19 км на північний захід від ст. Ульянівка Донецької залізниці та 5-6 км у тому ж напрямку від смт. Васильківка однойменного району Дніпропетровської обл. Родовище складається з трьох ділянок: «Скеля Рожнова» на лівому березі р. Вовча (південно-східний край кварцової жили відслонюється над річкою), «Балка Лабзунова» – на правому березі цієї ж річки на відстані 2-3 км від першої і розроблялась з 1938 р. для отримання вогнетривів, піску і щебеню для будівництва; третя – «Балка Скеляста» також знаходиться на правому березі р. Вовча за 3 км від ділянки «Балка Лабзунова». Територія родовища є частиною Приазовського блоку Українського щита в зоні зчленування з Донбасом, в межах північного флангу Оріхово-Павлоградської структурно-фаціальної зони та західної частини Вовчанського виступу. Родовище Біла Скеля розташоване в 5-6 км на південний схід від с. Богданівка, на рівнині, розчленованій ярами і балками.

Для Баницького родовища характерна гранульована структура кварцу, яка дозволяє вважати його найбільш перспективною сировиною для одержання кристалічного кремнію. Кварц цих родовищ містить домішки циркону, а в кварці родовищ Біла Скеля та Васильківське присутні слюди і гранат, а у Васильківському – також апатит і мінерали групи нефеліну. У Мацківському родовищі є включення слюд. Тому це родовище є найбільш перспективним. Найбільша кількість хімічних елементів-домішок (макро- і мікроелементів) є в кварці Васильківського родовища, другим за показниками є Біла Скеля. Найменше домішок виявлено в сировині з Баницького та Мацківського родовищ. Структурні домішки ізоморфного і в каналах  $Al^{3+}$  виявлено найбільше у кварці родовища Біла Скеля і там же – ізооморфна домішка  $Ti^{4+}$ . В сировині з інших родовищ вміст структурного  $Al^{3+}$  та  $Li^{+}$  до 0,001 мас.%. Кількість аніонних і катіонних вакансій найбільша у сировині з Баницького родовища та родовища Біла Скеля, а найменша – у сировині з Васильківського і Мацківського. Вплив на технологічні властивості сировини цих домішок не був оцінений і потребує додаткових досліджень. Вміст кварцу у сировині з усіх родовищ – 99 %. Однак до відомого Баницького родовища за високими технологічними властивостями наближається кварц Мацківського родовища [2]. Сумарні запаси Баницького та Мацківського родовищ сягають 9579 тис. т. Видобута на Баницькому родовищі сировина постачалась на російські заводи «Кремній-Урал» та «Новолипецький металургійний комбінат» і в подальшому перероблялась на титан-кремнієві сплави, використовувалась в оптиці, радіоелектроніці та іншій продукції російського ВПК [3].

Дослідницькі роботи Інституту геологічних наук щодо досліджень кремнієвої сировини були зупинені у 2010 р., тому схеми збагачення, як і деякі важливі властивості сировини не були повністю досліджені, зокрема просторовий розподіл показників якості. Також потребують вивчення прояви, які знаходяться поряд в якості об'єктів для розширення мінерально-сировинної бази.

В Україні є можливість розвивати власне виробництво високотехнологічної продукції. У 2004-2009 рр. на нашу країну припадало до 50 % світового виробництва «сонячного кремнію». Україна виробляла базову сировину для сонячної енергетики – полікремній на «Заводі напівпровідників» у Запоріжжі. Потужність виробництва досягала 2,2 тис. т на рік. Крім того, кремнієві продукти виготовляли хіміко-металургійна фабрика Маріупольського меткомбінату

ім. Ілліча, світловодський завод «Силікон» на Кіровоградщині та підприємства «Пілар» і «Пролог Семікор» у Києві. Київський ПАТ «Квазар» мав повний цикл виробництва – від вирощування кремнію до виготовлення пластин [3]. У 2010р. вітчизняне виробництво поступилося Китаю та рф у виробництві кремнію. І цю ситуацію треба змінювати.

Іншим важливим аспектом розвитку сонячної енергетики є підбір місць для розташування сонячних електростанцій. Пропонується розміщувати такі енергетичні установки в південних областях України, зокрема на ділянках в межах Ізмайльського адміністративного району (Одеська обл.) та приурочені до заплави р. Дунай, на малопродуктивних землях інших регіонів України [1].

**Висновки.** Необхідно поновити роботи по дослідженню сировини для отримання чистого кремнію, оскільки не був досліджений просторовий розподіл домішок в кварцовій сировині родовищ; потрібно відібрати для цих досліджень додаткові проби, побудувати геолого-гірничі моделі родовищ та на цій основі розробити проєкти для їх відпрацювання за новими критеріями. Потребує також доопрацювання технологічна схема збагачення на підставі нових даних. Ці об'єкти мають бути переоцінені для отримання чистого кремнію з метою створення умов для розвитку власного виробництва обладнання для сонячної енергетики та іншої продукції високих технологій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Багрій І.Д., Забулонов Ю.Л., Репкін О.О., Кузьменко С.О., Мамишев І.Є., Маслун Н.В., Іванік О.М., Криль Я.М., Паюк С.О., Щуров І.В., Гафич І.П., Ковач В.О., Шевчук О.А. та ін. Н<sub>2</sub>-водень. Еколого-енергетичні виклики ХХІ сторіччя. Глобальні проєкти, шляхи реалізації. Монографія. - Київ Державне підприємство «Українська Геологічна компанія», 2023 – 292 с.

2. Галецький Л.С. Звіт про науково-дослідну роботу «Визначення технологічних властивостей, мінеральних складових та форм домішкових сполук кварцової сировини на базі оцінки якісних та кількісних показників стану українських родовищ кварцової сировини (обладнання та матеріали)». Етап 1. Проведення аналізу геологічної будови родовищ для подальшої їх оцінки геолого-технологічних властивостей. Визначення літологічних, петрографічних, технологічних властивостей кварцової сировини, їх мінеральних складових та форм домішкових сполук кварцової сировини. Київ, 2010, 99 с.

3. Оринчак К. Український кремній. Минуле, реалії, перспективи. Режим доступу: <https://biz.censor.net/m3422756>

4. Що залишилося від «зеленої» енергетики в Україні. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431/>



## **ОБНОВЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ БАЗИ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА РОДОВИЩАХ БУРШТИНУ ЯК ЗАПОРУКА ШВИДКОГО ОСВОЄННЯ НАДР**

**Коваль Д.М.<sup>1</sup>**, аспірант, *daniel.of.volyn@gmail.com*;

**Ремезова О.О.<sup>1</sup>**, д. геол. н., *elena.titania2305@gmail.com*;

**Комлев О.О.<sup>2</sup>**, д. геогр. н., професор, *oleksandr.komlev@knu.ua*,

1 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,

2 – Київський Національний Університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Поклади бурштину в Україні з часу їх виявлення та експлуатації перебувають у складному становищі через недоліки у нормативно-правовому, методичному та політичному полі. На сьогоднішній день у спеціальному надрокористування знаходиться більше 50 ділянок бурштиноносних надр, проте лише одиниці надрокористувачів спромоглися захистити запаси. Галузь, яка потребує швидкої розбудови та освоєння, занепадає через складність геологоторозвідувальних робіт. Стаття звертає увагу на шляхи спрощення геологічного вивчення для збільшення промислового потенціалу бурштиноносних надр.

## **UPDATES FOR THE METHODOLOGICAL BASE FOR CONDUCTING GEOLOGICAL EXPLORATION ON AMBER DEPOSITS AS A KEY TO QUICK DEVELOPMENT OF THE SUBSOIL USE**

**Koval D.<sup>1</sup>**, postgraduate, *daniel.of.volyn@gmail.com*;

**Remezova O.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), *elena.titania2305@gmail.com*;

**Komlev O.<sup>2</sup>**, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, *oleksandr.komlev@knu.ua*;

1 – Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

2 – Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine

Since their discovery and exploitation, amber deposits in Ukraine have been in a difficult situation due to shortcomings in the regulatory, methodological and political field. Today, more than 50 areas of amber subsoil are in special subsoil use, but only a few subsoil users have managed to protect the reserves. The industry, which requires rapid development and utilization, is in decline due to the complexity of geological exploration. The article draws attention to the ways to simplify geological exploration to increase the industrial potential of amber subsoil.

Верховна Рада України 19 грудня підтримала у другому читанні законопроект № 2240 про врегулювання видобутку бурштину [1] метою якого було виведення бурштинового бізнесу з тіні та боротьба з незаконним видобутком, переробкою та збутом.

У період з 2019 по сьогодні згідно інвестиційного атласу Держгеонадр придбано 56 ліцензій у Рівненській області та 12 ліцензій у Житомирській області [2]. Номіновані на аукціон протягом 2019-2022 років: 2019 – 1 ліцензія, 2020 – 77, 2021 – 86, 2022 – 59 [3]. Перші захисти запасів на ділянках 10 га розпочались тільки у 2023 році, станом на жовтень 2023 року детальну геолого-економічну оцінку здійснили на 6 ділянках. До промислового видобутку приступили на 3 з 68.

Як було сказано 27 грудня 2019 року Головою Державної служби геології та надр Романом Опімахом: «ключовим завданням нашої роботи є ефективне використання надр та забезпечення прозорих і чітких правил гри для усіх суб'єктів процесу. Народ України, який є єдиним власником корисних копалин, повинен отримувати відшкодування у вигляді податків, — наголошує Роман Опімах. — Ініціатива врегульовує питання укладання та реалізації угод про розподіл продукції, сприятиме наповненню місцевих та державного бюджетів, створенню робочих місць, залученню інвестицій у галузь» [4].

Так чому й досі не зважаючи на реформи в Україні не налагодили бурштиновий промисел?

Низький темп вивчення та освоєння бурштинових надр викликаний перш за все складністю виконання вимог Інструкції ДКЗ [5] та проблемами з дослідно-промисловою розробкою.

Поштовхом до створення методичної інструкції по геологічному вивченню бурштину [5] стали «численні помилки, перекошування, хибні методики та інтерпретації» [6] ОП «Кварцсамоцвіти» під час геолого-економічної оцінки родовища бурштину «Вільне». Інструкція передбачала методи, які були актуальні для 2003 р. та орієнтувались на дослідження за рахунок державних замовлень у регіональних геологічних підприємств.



Згідно інструкції розсипи бурштину вивчаються :

- свердловинами великого діаметра понад 100 мм, які використовуються тільки під час картування та геолого-прогнозних робіт;
- шурфами (дудками) діаметром від 500 до 1500 мм, які використовуються як основний засіб рядового опробування покладів під час розвідки;
- траншеями (канавами) у разі залягання шарів порід із розсипами бурштину в стійких (не пливунних) породах на глибинах до 4 м для відбору валових проб бурштинової руди об'ємом 100-500 куб. м і визначення достовірності опробування покладів шурфами;
- дослідними розвідувальними кар'єрами для відбору промислових валових проб об'ємом бурштинової руди до 3-4 тис. куб. м і бурштину в кількості до 100 кг із метою опрацювання промислової технологічної схеми розробки родовища та визначення економічної ефективності майбутнього підприємства.

На момент затвердження інструкції не було проблем з технічними засобами. На балансі ДП «Бурштин України» та Рівненської комплексної геологічної партії знаходились установки УБСР-25М (рис. 1). Ця установка створена для буріння свердловин великого діаметру при розвідці талих, в тому числі сильно обводнених розсипних родовищ і розвідці корінних родовищ приповерхневого залягання. УБСР-25М розроблений у 1980-х роках для розвідувальних робіт на розсипах золота Центральним науково-дослідним геологорозвідувальним інститутом кольорових та благородних металів та вироблявся у Радянському Союзі.



**Рис. 1. Установка УБСР-25М під час геологорозвідувальних робіт**

За 8-годинну зміну машина здатна була пройти в середньому 20-30 метрів погонних. Відбір проб з викидів шурфів відбувався поінтервально і окремо в межах бурових рейсів. Довжина проб становила від 0,1 до 0,6 м, в середньому складаючи 0,4 м. Об'єм проб складав 0,15 м<sup>3</sup>.

Останній раз УБСР-25М працював на родовищі бурштину «Каноничі» у 2014 році. Наразі всі установки виведені з експлуатації та потребують капітального ремонту і запчастин, які виробляє країна-агресор. На сьогоднішній день відсутні бурові установки з аналогічними УБСР-25М характеристиками та з такою швидкістю буріння, яка б дозволила в короткі строки здійснити розвідку родовища.

Протягом останнього десятиліття основним засобом вивчення бурштинових родовищ є буріння кушів свердловин шнековим методом діаметром 250-600 мм за допомогою бурових

установок на базі автомобілів УРАЗ, ЗІЛ, ГАЗ тощо, наприклад: УГБ-1ВС, БГМ-1, БГМ-2, ПБУ-2 (рис. 2). Всі ці механізми поєднують наступні параметри:

- Діаметр буріння в середньому 300 мм
- Об'єм проби – 0,04 м<sup>3</sup>, в куці свердловин – 0,12 м<sup>3</sup>
- Буріння шнековим методом
- Буріння без обсадки
- Продуктивність – 60-100 метрів погонних за зміну.

Отже, варто передбачити в Інструкції буріння свердловин шнековим методом діаметром не менше 250 мм як один з основних засобів рядового опробування.



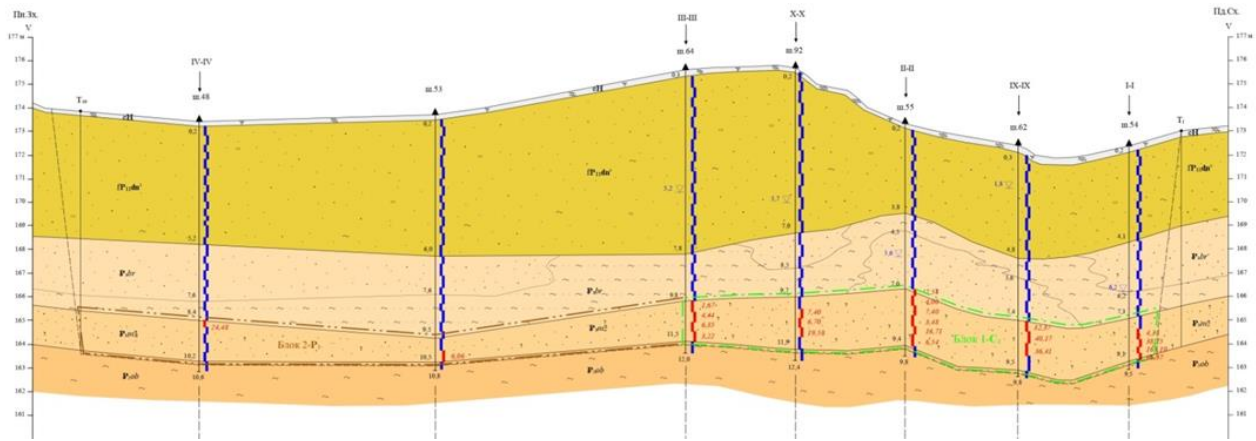
**Рис. 2. Установки шнекового буріння  
(зліва – БГМ-1 на базі ЗІЛ-131, справа – ПБУ-2 на базі УРАЛ)**

При розвідувальних роботах на бурштин відбираються проби окремо з кожного рейсу буріння по продуктивній товщі та з відкладів, що перекривають та підстеляють її. Діаметр буріння шурфу належить вибирати таким чином, щоб кожна рядова проба мала об'єм не менше ніж 0,1 куб. м при довжині рейсу від 0,3 до 0,5 м. Але не дивлячись на кількість проб, наявність прошарків з нульовим вмістом та ураганих – кар'єром розробляються не лінзи, не прошарки, а стратиграфічно визначена товща – межигірська світа (рис. 3).

Для полегшення польових та камеральних робіт варто збільшити довжину проб до 1,5 м та зменшити об'єм проб. Зменшення об'єму та збільшення довжини проб дозволить перейти від буріння куців свердловин до буріння одиночних свердловин, що дозволить приділити більше ресурсів згущенню бурової мережі.

Слід також розглянути можливість використання гідромеханізованих робіт при геологічному вивченні родовищ бурштину та особливо при експлуатаційній розвідці родовищ.





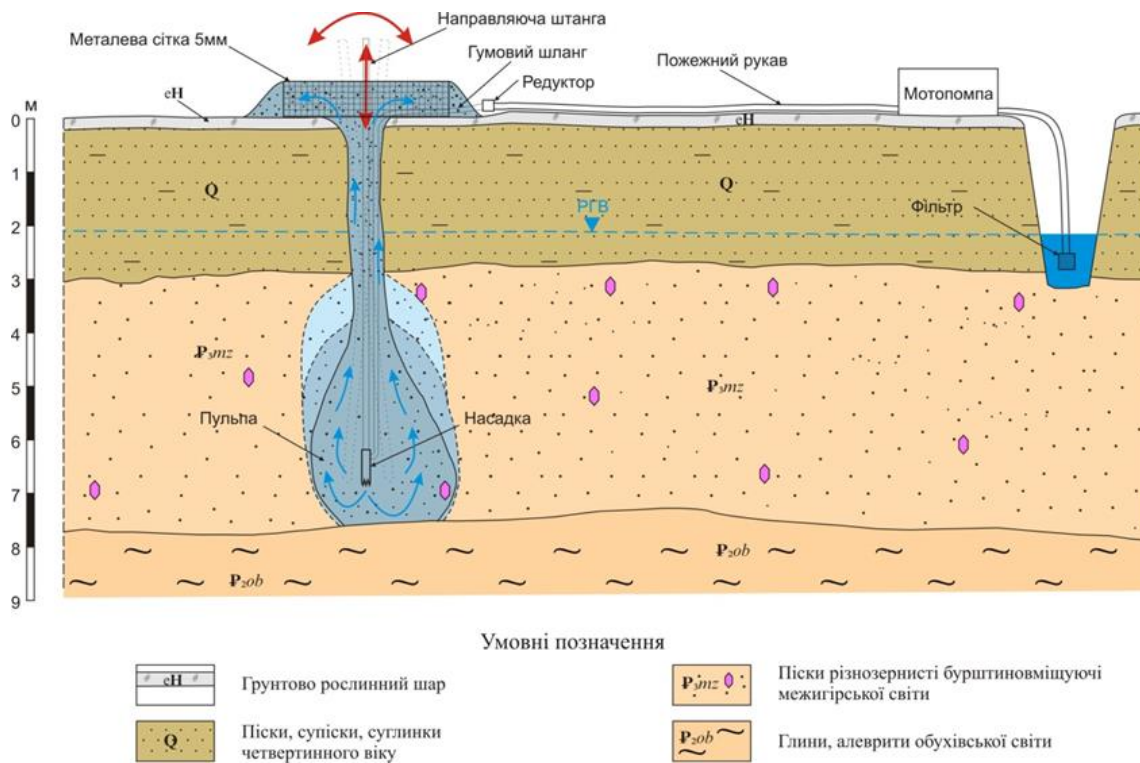
**Рис. 3. Приклад оконтурювання запасів в розрізі продуктивної товщі – межигірської світи [7]**

Метод гідророзмиву прийшов на Україну на початку 90-х років з сусідньої Польщі, де успішно застосовувався для офіційного добутку бурштину[12]. Його суть полягає у вертикальному розмиві піщанисто-глинистих гірських порід напірними водами та піднятті кусків бурштину висхідними потоками води на поверхню. При проходці свердловин гідророзмиву на денній поверхні утворюються округлі воронки різних розмірів, в залежності від складу перекриваючих порід й інтенсивності та тривалості розмиву. В надрах утворюються близькі до циліндричної або конусоподібної форми камери, які заповнюються перемитими та перемішаними продуктами руйнування відкладів продуктивної товщі та перекриваючих порід (рис. 4, рис. 5)[8]



**Рис. 4. Форма свердловин гідророзмиву в зрізі видобувного кар'єру ДП «Бурштин України»[8]**

Висока швидкість проходки, можливість визначення наявності корисної копалини, менше навантаження на природне середовище в порівнянні з відкритими гірничими виробками є перевагами методу проходки шурфів методом гідромеханізації, а також те, що він дозволяє розробляти родовища із складними гірничо-геологічними умовами, здійснювати вилучення бурштину без переміщення тисяч тонн пустих порід і не використовувати великі площі цінних земельних угідь для складування пустих порід. Необхідно фахове, профільне вивчення цього методу для подальшого наукового обґрунтування, яке б дозволило використати цей метод для повноцінної розвідки та підрахунку запасів бурштину [8].



**Рис. 5. Принципова схема видобутку бурштину методом гідророзмиву [8]**

Важливим моментом при вивченні бурштиноносних надр є дослідно-промислова розробка. Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 341 від 05.09.2022 р. «Про затвердження Змін до Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення» [9] були внесені зміни в наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №34/М від 03.03.2003 р. [10], що призвели до плутанини та колізії у надрокористуванні, оскільки законодавча та методологічна база почали суперечити одне одному. Тепер користувачі бурштиновими надрами вимушені під час ДПР видобути не 5% від попередньо-оцінених під час геологорозвідки запасів на ділянці (до 600 кг), а 5 кг з 1 га площі спеціального дозволу [9, 10], тобто для ділянок площею 10 га – це 50 кг бурштину, що при його середній вартості [11] у 10735,8 грн за 1 кг, ДПР не окупало навіть затрати на паливно-мастильні матеріали витрачені, тим паче в умовах війни та кризи в економіці країни.

Зокрема у пункті 2.3 Наказу № 34/м [10] вказано наступне: для ділянок бурштиноносних надр, для розрахунку початкової ціни продажу дозволу на аукціоні яких застосовувався фіксований розмір плати за 1 гектар відповідної ділянки бурштиноносних надр відповідно до Кодексу України про надра ( 132/94-ВР ), обсяг видобутку бурштину не повинен перевищувати 5 кг з одного гектару площі ділянки надр, на яку надано спеціальний дозвіл на користування надрами. В той же час у пункті 12.10 Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину чітко вказано таке: «розвідувальні кар'єри необхідно проходити для відбору валових проб бурштину з метою встановлення його сортності, проведення технологічних випробувань, включаючи виготовлення партій ювелірних виробів. Мінімально необхідна кількість бурштину-сирцю для виготовлення пробних партій виробів складає 100 кг, відповідно об'єм промислової валової проби повинен складати 3-4 тис. м<sup>3</sup>» Внаслідок внесених змін користувачам бурштиноносних надр унеможливили вивчення надр та захист запасів згідно Інструкції [5]. Крім того в категорію бурштиноносних надр з фіксованим розміром плати за 1 га потрапили всі спеціальні дозволи на геологічне вивчення з ДПР, які на момент прийняття закону не встигли погодити проєкт ДПР у Держгеонадрах та Держпраці.

Внаслідок внесених змін користувачам бурштиноносних надр ускладнили вивчення надр та захист запасів. Наприклад, для того, щоб видобути 50 кг бурштину родовищах, розташованих в урочищі Гальбин, необхідно розкрити приблизно 15 тис. м<sup>3</sup> розкриву, промити 1,5 тис. м<sup>3</sup> бурштиноносних порід. Якщо брати до уваги такі складні прояви і родовища, що мають глибину

поверхні залягання межигірської світи більше 10 м – проводити ДПР на таких ділянках заради видобутку 50 кг бурштину просто недоцільно.

Підсумовуючи наведені у статті факти, можна вивести з них основні пункти які потребують розгляду при розробці оновленої інструкції для вивчення родовищ бурштину:

- Розширити можливості використання свердловин шнекового буріння діаметру 250-600 мм для підрахунку запасів бурштину;
- Збільшити інтервал відбору проб, що дозволить зменшити навантаження під час камеральних та польових робіт;
- Зменшити об'єм проби, що дозволить перейти від буріння кушів свердловин до буріння одиночних свердловин;
- Розглянути можливість розвідки бурштину гідромеханізованим методом для отримання кількісної інформації про корисну копалину;
- Повернути дослідно-промисловий видобуток 5% корисної копалини під час ДПР.

#### **Список використаних джерел:**

1. ЗАКОН УКРАЇНИ №402-IX від 19.12.2019 року «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення законодавства про видобуток бурштину та інших корисних копалин»

2. Дорогоцінне і напівдорогоцінне каміння. Інвестиційний Атлас надрокристувача. <https://www.geo.gov.ua/investytsiynyy-atlas-nadrokorystuvacha/dorogoczinne-i-napivdorogoczinne-kaminnya/>

3. Інформація стосовно заяв, які надійшли для виставлення ділянок надр на аукціон [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1M5-6NjIbkECGkZ\\_i-tEwPlQZB8xXXixS8pjEknaSKBI/edit#gid=1611818073](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1M5-6NjIbkECGkZ_i-tEwPlQZB8xXXixS8pjEknaSKBI/edit#gid=1611818073)

4. <https://www.geo.gov.ua/prezident-pidpisav-zakonoproekt-2240-pro-legalizaciyu-vidobutku-burshtinu/>

5. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину, затверджена наказом ДКЗ № 10.02.2003

6. Протокол №560 від 19 серпня 2000 р. Державної комісії по запасах корисних копалин.

7. «Пошуково-оцінювальні роботи на бурштин в межах ділянки «Каноничі»», звіт Рівненської КГП ДП «УГК» за 2008-2015 рр., титул 51 - [автор С. Волненко].

8. Ревізія площ незаконного видобутку бурштину в Рівненській області : звіт Рівненської ГЕ ПДРГП „Північгеологія” [автор С. Волненко]. – К., 2009. – (фонди РГЕ).

9. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №341 від 05.09.2022 «Про затвердження Змін до Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення»

10. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 34/м від 03.03.2003 року «Про затвердження Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення».

11. Ціна одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини) (Цо) на третій квартал 2023 року <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/tsina-odynytsi-tovarnoyi-produktsiyi.pdf>

12. ZASADY POSZUKIWAN I DOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ BURSHTYNU. Zalecenia metodyczne.-Warszawa, 2010- 59s.

## **НОРМАТИВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ НАДР ВІДПОВІДНО ДО ВИДІВ КОРИСТУВАННЯ НАДРАМИ**

**Курило М.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, *marikurylo@meta.ua*;

**Андрєєва О.О.<sup>1</sup>**, к. геол. н. *andreeva\_ea@ukr.net*;

**Семко Ю.О.<sup>2</sup>**, к. геол. н. *bondar\_yuliya@ukr.net*,

*1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м.Київ, Україна,*

*2 – ВСП «Фаховий коледж геологорозвідувальних технологій*

*Київського національного університету імені Тараса Шевченка», м. Київ, Україна*

В роботі проводиться аналіз видів користування надрами протягом 1994-2023 років, які наявні у переліку Кодексу України про надра та інших нормативних документів. Визначено, що кількість і види користування надрами майже не змінювались протягом 1994 по 2010 рік, після чого почали доповнюватися окремими видами. Сьогодні кількість видів користування надрами є такою ж як в попередні періоди, але змістовно вони змінилися. Подано перелік базових ресурсів надр, які використовуються у господарській діяльності. При співставленні видів користування надрами та переліку ресурсів надр зафіксовано, що не всі ресурси представлені у відповідних видах користування. Це ускладнює або деколи унеможливорює процес використання цих ресурсів, що зокрема стосується геотермальних та техногенних ресурсів.

## **LEGISLATIVE ASPECTS OF THE USE OF SUBSOIL RESOURCES ACCORDING TO TYPES OF SUBSOIL USE**

**Kurylo M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Associate Professor, *marikurylo@meta.ua*;

**Andreeva O.<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, *andreeva\_ea@ukr.net*;

**Semko Yu.<sup>2</sup>**, Cand. Sci. (Geol.), *bondar\_yuliya@ukr.net*,

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Professional Pre-Higher Education Institution «College of Geological-Exploration Technologies», Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The work analyzes the types of subsoil use during 1994-2023, which are available in the list of the Code of Ukraine on Subsoil and other regulatory documents. It was determined that the number and types of use of the subsoil did not change during 1994 to 2010, after which they began to be supplemented by individual types. Today, the number of subsoil uses is the same as in previous periods, but they have changed meaningfully. A list of basic subsoil resources used in economic activity is provided. When comparing the types of subsoil use and the list of subsoil resources, it was noted that not all resources are represented in the corresponding types of use. This complicates or sometimes makes impossible the process of using these resources, which in particular concerns geothermal and man-made resources.

Види користування надрами протягом тривалого періоду були незмінними у базовому переліку Кодексу України про надра з 1994 року. Цей перелік включав [2]: 1) геологічне вивчення, в тому числі дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення; 2) видобування корисних копалин; 3) будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод; 4) створення геологічних територій та об'єктів, що мають важливе наукове, культурне, санітарно-оздоровче значення (наукові полігони, геологічні заповідники, заказники, пам'ятки природи, лікувальні, оздоровчі заклади та ін.); 5) задоволення інших потреб. До переліку видів користування надрами після 2010 року додалися виконання робіт (здійснення діяльності), передбачених угодою про розподіл продукції та в 2019 році геологічного вивчення бурштиноносних надр, у тому числі дослідно-промислової розробки родовищ з подальшим видобуванням. В цей же період р 2011-2023 року же період в Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами [4] були додатково присутні в переліку додаткові види (крім вище перелічених): геологічне вивчення родовищ корисних копалин; геологічне вивчення нафтогазоносних надр, у тому числі дослідно-промислової розробки родовищ, з подальшим видобуванням нафти, газу (промислова розробка родовищ).

В змінах КпНУ в 2023 зафіксовано новий наскрізний вид користування надрами - геологічного вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ), а також



додано можливість отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр) до пункту будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин.

Таким чином, більшість видів користування надрами, які були або є наявними в переліку КпНУ, стосуються корисних копалин, які є базовим ресурсом надр у вітчизняній практиці, хоча ресурсів надр може обліковуватися набагато більше.

В більшості випадків саме надра та ресурси, які пов'язані з ними розглядають як об'єкти права. Ресурсами надр вважають тверді, рідкі, газоподібні корисні копалини, енергетичні ресурси та порожнини надр природного та техногенного походження в масиві гірських порід.

Традиційно виділяються наступні групи ресурсів надр:

1. Родовища корисних копалин:

- родовища твердих, рідких, газоподібних корисних копалин однорідного складу;
- комплексні родовища твердих, рідких, газоподібних корисних копалин, представлені неподалік розташованими покладами із істотно відмінним речовинним складом. Розробка таких об'єктів проводиться спільно з єдиної системи гірничих виробок, а переробка видобутих корисних копалин різного складу здійснюється окремо або за різними технологічними схемами.

2. Відвали розкривних і вміщуючи порід, терикони вугільних шахт, відвали і склади забалансових корисних копалин.

3. Відходи гірничо-збагачувальних і металургійних комбінатів.

4. Глибинні джерела прісних, мінеральних і термальних вод.

5. Внутрішнє, глибинне тепло надр Землі (геотермальні ресурси, тобто частина твердої, рідкої і газоподібної фаз земної кори, яка може бути ефективно вилучена з надр і використана на даному рівні розвитку геотермальної енергетики).

6. Природні і техногенні порожнини в масиві гірських порід.

Окремо потрібно розглянути, що є об'єктами геологічного вивчення надр, оскільки цей вид користування є нематеріальним виробництвом, оскільки матеріалізація геологічної інформації може відбуватися лише на завершальних стадіях вивчення, коли з'являються запаси корисних копалин або детальна геологічна інформація для користування надрами не пов'язаними з корисними копалинами. Об'єкт геологічного вивчення – локальна ділянка земної кори, яка характеризується спільністю геологічної будови і наявністю перспектив виявлення скопчень певного виду корисних копалин.

Об'єкти ГРР різняться за стадіями робіт і ними можуть бути:

- геологічні і гідрогеологічні регіони (крупні складчасті структури, щити, провінції, басейни, рудні пояси) або їх частини;
- рудні і нафтогазоносні райони і структури (блоки, площі), вугленосні і водоносні басейни або їх частини;
- рудні поля і окремі перспективні рудопрояви;
- площі проведення геофізичних, г/г, і/г вишукувань та інших робіт спеціального призначення;

- окремі свердловини (або групи свердловин) глибокого буріння на нафту і газ.

Перелічені об'єкти геологічного вивчення можуть стосуватися не лише родовищ корисних копалин як ресурсів надр, але й інших ресурсів, які необхідно досліджувати як до, так і під час промислового освоєння. Геологічне вивчення таким чином може виступати як окремий вид користування надрами, але й супроводжувати інші види користування. Традиційне розмежування ресурсів у сфері використання надр наведено на рис. 1.

1. Родовища корисних копалин:

- родовища твердих, рідких, газоподібних корисних копалин однорідного складу;
- комплексні родовища твердих, рідких, газоподібних корисних копалин, представлені неподалік розташованими покладами із істотно відмінним речовинним складом..

2. Відвали розкривних і вміщуючи порід, терикони вугільних шахт, відвали і склади забалансових корисних копалин.

3. Відходи гірничо-збагачувальних і металургійних комбінатів.

4. Глибинні джерела прісних, мінеральних і термальних вод.

**5. Внутрішнє, глибинне тепло надр Землі (геотермальні ресурси, тобто частина твердої, рідкої і газоподібної фаз земної кори, яка може бути ефективно вилучена з надр і використана на даному рівні розвитку геотермальної енергетики).**

6. Природні і техногенні порожнини в масиві гірських порід.

**Рис.1. Традиційне розмежування видів ресурсів надр**

## Динаміка змін у переліку видів користування надрами в період 1994-2023 рр.

Вид користування надрами	Період наявності в перелку ст.14 КпНУ	Терміни користування, років
геологічного вивчення, в тому числі дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення;	1994- 2023	5
видобування корисних копалин;	1994-2023	20
будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, у тому числі споруд для підземного зберігання нафти, газу та інших речовин і матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва, скидання стічних вод;		20 50 3-20 з 2023р.
отримання геотермальної енергії (теплової енергії надр)	2023	3-20 з 2023р.
створення геологічних територій та об'єктів, що мають важливе наукове, культурне, санітарно-оздоровче значення (наукові полігони, геологічні заповідники, заказники, пам'ятки природи, лікувальні, оздоровчі заклади та ін.)		20 3-50 з 2023р.
задоволення інших потреб	1994-2023	-
виконання робіт (здійснення діяльності), передбачених угодою про розподіл продукції	2010-2023	Відповідно до терміну УРП
геологічного вивчення бурштиноносних надр, у тому числі дослідно-промислової розробки родовищ з подальшим видобуванням бурштину (промисловою розробкою родовищ);	2019-2022	5
геологічного вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ);	2023	3-20

Перелічені види користування надрами у вітчизняній практиці максимально стосуються мінеральних ресурсів, які є традиційним напрямом надрокористування. Використання інших ресурсів надр передбачено переважно у пункті будівництва та експлуатації підземних споруд не пов'язаних з видобуванням.

Перелік видів користування надрами доцільно актуалізувати з врахуванням переліку не лише реальних, але й потенціальних ресурсів надр, таких як відновні енергетичні ресурси. Прикладом можна відзначити геотермальні ресурси, які у традиційній систематизації ресурсів надр займають окреме положення і виділяються в незалежності від джерела енергії. Але в у вітчизняній системі видів користування надрами такий вид користування не виділено і в обмеженому вигляді він передбачений у частині:

- геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин (промисловою розробкою родовищ)
- будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин
- використання підземних теплоенергетичних вод, які є частиною видобування корисних копалин.

Оскільки цикл освоєння геотермальних ресурсів починається із пошуково-оціночних робіт, то початковим етапом і видом користування надрами відповідно Кодексу України про надра є геологічне вивчення в тому числі дослідно-промислова розробка ресурсу. Таке відношення узгоджується із вимогами в подальшому класифікувати геотермальні ресурси згідно із чинною Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [1], яка в даному випадку передбачає лише один напрям геотермальних джерел - родовища теплоенергетичних підземних вод до родовищ теплоенергетичних підземних вод.

В подальшому при промисловій розробці може бути доречним використання 2 напрямів використання надр: 1) видобування корисних копалин, якщо йде мова про розвідані експлуатаційні запаси родовищ теплоенергетичних підземних вод; або 2) будівництва та експлуатації підземних споруд, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин, якщо геотермальне джерело не пов'язано із підземними водами.

З огляду на вищенаведене найбільш раціональними доповненнями до чинних видів користування надрами буде виділення окремого виду – використання геотермальних ресурсів, яке буде враховувати всі особливості вивчення, проєктуванні і промислового освоєння геотермальних ресурсів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, 1997 [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>]
2. Кодекс України про надра, (1994) [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text>]
3. Методичні вказівки щодо змісту, оформлення та порядку подання до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ теплоенергетичних підземних вод, 2011// <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0760339-11#Text>
4. Порядок надання спеціальних дозволів на користування надрами, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 30 травня 2011 р. № 615 [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/615-2011-%D0%BF#Text>]

## 3D МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ УТОЧНЕННЯ ЗАПАСІВ ТА УПРАВЛІННЯ РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ

*Боднарук Б.Р., bohdan.bodnaruk@ugv.com.ua;*

*Матківський С.В., доктор філософії, serhii.matkivskyi@ugv.com.ua;*

*АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна*

Тривимірне моделювання та візуалізація покладів нафти і газу є прийнятою світовою практикою. Важливість процесу моделювання в його теоретичній та прикладній цінності на етапах пошуково-розвідувальних робіт, проєктування розробки та видобутку вуглеводнів. При моделюванні родовищ критично важливо враховувати велику кількість наборів даних. Чим більше даних введено в модель, тим краща точність моделі. Неоднорідність даних, час, необхідний для обробки даних, цифрове зберігання та доступність, а також надійність оцінок геологічної інформації – усе це може бути джерелом невизначеності, що впливає на тривалість процесу 3D моделювання та його точності. Такі проблеми 3D моделювання можна подолати за допомогою більш інтегрованих даних, точного їх калібрування та проведення необхідних досліджень. Вирішення проблеми побудови 3D моделей родовищ вуглеводнів в умовах обмеженої інформації призвело до напрацювання нових методів та методичних підходів із визначення необхідних для побудови моделі параметрів використовуючи наявну геолого-промислову інформацію. Розроблені методи апробовані до реальних об'єктів та активно впроваджуються при побудові постійно діючих геолого-технологічних моделей родовищ АТ «Укргазвидобування».

Ключові слова: 3D модель, родовище, проєктування розробки, уточнення запасів, підвищення вуглеводневиучення.

## ADVANTAGES OF USING 3D MODEL FOR RESERVES ESTIMATION AND RESERVOIR MANAGMENT

*Bodnaruk B., bohdan.bodnaruk@ugv.com.ua;*

*Matkivskyi S., Doctor of Philosophy (Ph.D), serhii.matkivskyi@ugv.com.ua;*

*JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine*

3D modeling and visualization of oil and gas reservoirs is a critical industry practice, and its importance stems from its theoretical and applied value in hydrocarbon exploration, development and production. When modeling deposits, it is critical to consider a large number of data sets. The more data entered into the model, the better the accuracy of the model. Data heterogeneity, time required for data processing, digital storage and availability, and the reliability of geologic information estimates can all be sources of uncertainty that affect the overall process and accuracy of 3D modeling. Such problems of 3D modeling can be overcome with more integrated data, accurate calibration and necessary research. Solving the problem of 3D models of oil and gas deposits in conditions of limited information led to the development of new methods and methodical approaches for determining the parameters necessary for building the model using available geological and historical information. The developed methods have been tested and are being actively implemented in the construction of permanent geological and technological models of deposits of JSC "Ukrgasvydobuvannya".

Key words: 3D model, deposit, development design, reserve specification, increased hydrocarbon recovery.

**Вступ.** Науково-технічний прогрес, що колись здійснювався порівняно повільно, в наш час помітно прискорився. Сучасний науково-технічний розвиток програмно-обчислювальних засобів дозволяє оперувати великими масивами інформації надаючи можливість її систематизації, статичної обробки та встановлення закономірностей між ними [1-2].

Швидкий перехід від одного якісного стану до іншого відбувся і в нафтогазовій промисловості. Тривимірна візуалізація геологічних і геофізичних даних також постійно розвивалася протягом останніх десятиліть з метою підвищення точності прогнозування та моделювання родовищ вуглеводнів. В напрямку проєктування розробки родовищ вуглеводнів, на додаток до класичних методів прогнозування видобутку – матеріального балансу, кривих падіння видобутку чи характеристик витіснення, за останні 15-20 років широкого розповсюдження отримали інструменти цифрового моделювання та постійно діючі геолого-технологічні моделі [3-4].

Інтеграція регіональних, геологічних, структурно-тектонічних, фаціальних, петрофізичних даних в одному проєкті дозволяє отримати більш надійні оцінки об'ємів вуглеводнів як у традиційних покладах так і в нетрадиційних скупченнях вуглеводнів.

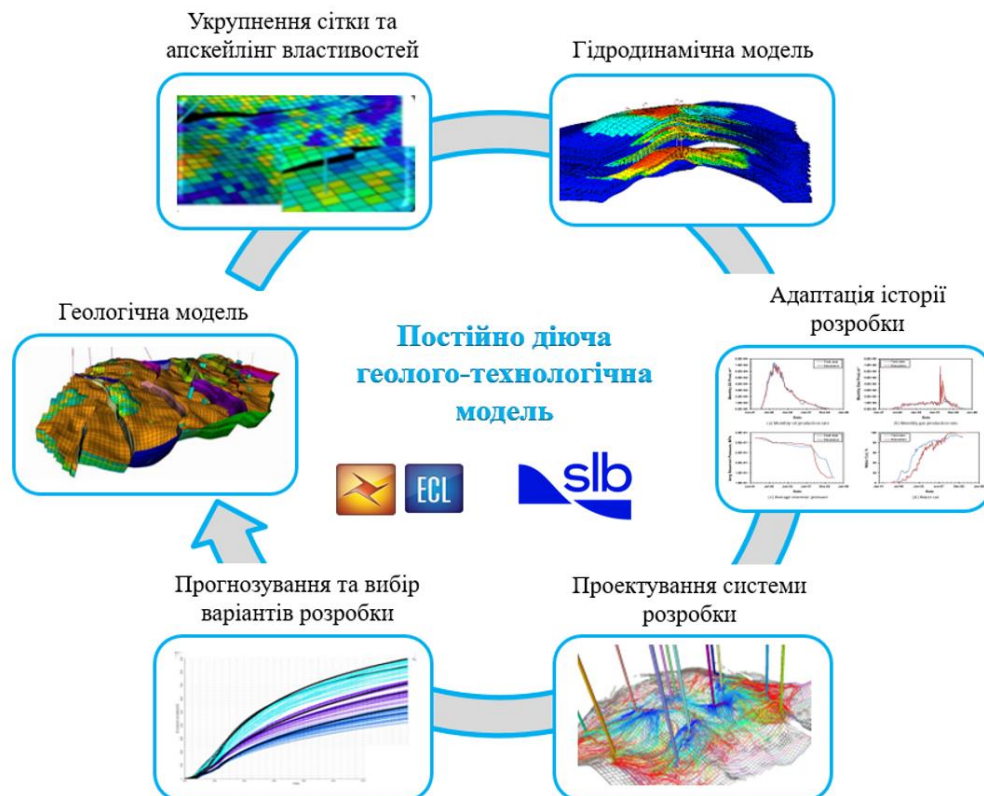
Використання постійно діючих геолого-технологічних моделей дає можливість врахувати «реальну» геологічну будову родовища та, відповідно, неоднорідність фільтраційно-ємнісних властивостей порід як за площею, так і за товщиною у поєднанні з складними процесами фазових перетворень, реології пластів флюїдів і агентів впливу та різних рівнянь

припливу до свердловин, із врахуванням їх складної геометрії траєкторії. В той же час є можливість оперативно оновлювати моделі за допомогою використання сучасних алгоритмів та проводити аналіз чутливості параметрів моделювання [5].

**Метою** даної роботи є представлення робочих процесів і алгоритмів 3D-моделювання родовищ нафти і газу.

**Виклад основного матеріалу.** Тривимірна постійно діюча модель представляє собою об'ємну імітацію родовища, що зберігається у пам'яті комп'ютера та дозволяє досліджувати і прогнозувати процеси, що протікають у пласті в процесі розробки. Постійно діюча модель родовища складається з геологічної та фільтраційної моделей, що постійно оновлюються на основі нових даних протягом усього періоду розробки родовища [6].

Узагальнена схема створення тривимірної постійно діючої геолого-технологічної моделі наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Узагальнена схема створення тривимірної постійно діючої геолого-технологічної моделі

Загалом, побудова 3D моделі пласта складається з кількох етапів [7-14]:

- **Збір даних і контроль якості:** збір різних типів даних (сейсморозвідувальні дані, каротажі свердловин, зразки керна та дані про видобуток. Забезпечення точності і якості даних.
- **Сейсмічна інтерпретація:** інтерпретація сейсморозвідувальних даних для розуміння геологічних особливостей і структурно-тектонічних елементів покладів, таких як розломи, поверхні напластування, виклинювання, заміщення тощо.
- **Геологічне моделювання:** створення тривимірне представлення геологічних особливостей покладів, використовуючи програмне забезпечення для обґрунтування та визначення меж моделювання, представлення морфології колекторів та розповсюдження їх основних фільтраційно-ємнісних властивостей.
- **Петрофізичне моделювання:** інтеграція даних каротажу свердловин для визначення петрофізичних властивостей (пористість, проникність тощо) геологічної моделі.
- **Моделювання властивостей колектора:** інтерполяція петрофізичних властивостей колектора за допомогою математичних/геостатистичних методів для створення безперервного розподілу властивостей у міжсвердловинному просторі.
- **Моделювання властивостей флюїдів:** моделювання розподілу флюїдів (нафти, газу, води) у пласті на основі даних про видобуток і PVT властивостей флюїдів.



- **Моделювання комірок:** розділення об'єкту моделювання на комірки, сегменти, із заданими властивостями, та створення дискретних даних для симуляції.

- **Перемасштабування:** за потреби, масштабування моделі до укрупнених блоків сітки, для зменшення тривалості обчислень, зберігаючи достатню роздільну здатність моделі доки це є доцільним.

- **Динамічне моделювання:** Ініціація фільтраційного моделювання колектору, для зрозуміння поведінку потоку рідини з часом за різних сценаріїв видобутку.

- **Зіставлення історії та калібрування:** налаштування моделі за історичними даними видобутку та досліджень свердловин, для подальшого прогнозування технологічних показників розробки родовищ вуглеводнів.

- **Аналіз невизначеності:** Оцінка невизначеності даних та аналізу чутливості параметрів, враховуючи їх вплив на оцінку запасів та результати адаптації.

- **Симуляція сценарію:** Розрахунок різних варіантів розробки для аналізу поведінки покладів за різних стратегій видобутку, прийняття рішень щодо управління пластом, та вибір оптимального варіанту розробки.

- **Оцінка ризиків:** Визначення потенційних ризиків та невизначеності, які можуть вплинути на оцінку запасів і прогноз видобутку.

- **Візуалізація та звітність:** створення графічного матеріалу та звітів, щоб донести результати моделі до зацікавлених сторін.

Кожен етап включає різні технічні етапи та повторювані процеси, які часто вимагають співпраці між геологами, інженерами-розробниками та іншими експертами для забезпечення точної та надійної 3D-моделі родовища.

Таким чином, використання 3D-моделей родовищ для оцінки запасів та управління розробкою дає низку переваг:

#### **При оцінці запасів:**

- *Більш висока точність:* 3D-моделі забезпечують більш точне уявлення складності колектору, що дозволяє краще оцінити запаси вуглеводнів. Детальна геометрія, петрофізичні властивості та розподіл флюїдів підвищують точність оцінок.

- *Врахування неоднорідності:* Колектори часто неоднорідні, їх властивості змінюються у просторі. 3D-моделі відображають цю мінливість, дозволяючи більш точно враховувати обсяги та типи флюїдів у різних геологічних об'єктах.

- *Моделювання руху флюїдів:* 3D-моделі дозволяють динамічно моделювати поведінку потоку флюїдів. Це покращує розуміння виснаження пласта, руху флюїдів та зміни тиску, що призводить до більш надійних прогнозів видобувних запасів.

#### **Для управління розробкою:**

- *Оптимізовані стратегії видобутку.* Завдяки можливостям динамічного моделювання 3D-моделі дозволяють інженерам-розробникам оцінювати різні сценарії видобутку, оптимізуючи стратегію видобутку для максимізації видобутку та мінімізації небажаних ефектів, таких як прорив води.

- *Поліпшення процесу ухвалення рішень.* Оновлення моделей резервуарів у режимі реального часу з використанням даних про видобуток полегшують ухвалення обґрунтованих рішень. Інженери можуть коригувати темпи видобутку та розміщення свердловин на основі фактичної продуктивності, що призводить до покращення загального управління пластом.

- *Оцінка та зменшення ризиків:* 3D-моделі дозволяють оцінити ризики, пов'язані з поведінкою покладу, що дозволяє вживати запобіжних заходів для зниження потенційних ризиків, таких як невитриманість колекторів, приплив пластової води або утворення конусів газу.

- *Економічна ефективність:* завдяки більш повному розумінню поведінки пласта-колектору є можливість уникнути непотрібних витрат, таких як перебурювання свердловин або недостатній видобуток через неточні прогнози.

- *Поліпшення вуглеводневідачі:* 3D-моделі полегшують розуміння розповсюдження колектору, концентрації залишкових запасів, допомагаючи ідентифікувати зони для ущільнення сітки експлуатаційних свердловин, що зумовлює підвищення кінцевого коефіцієнту вилучення вуглеводнів.

- *Сталий розвиток*: точні моделі допомагають підібрати стратегії видобутку, оптимізувати терміни розробки та знижують вплив на навколишнє середовище.
- *Комунікація та співробітництво*: Візуальне представлення резервуара покращує взаємодію між багатoproфільними командами, що призводить до покращення співпраці та узгодження стратегій.
- *Відповідність вимогам та звітність*: Надійні 3D-моделі забезпечують основу дотримання нормативних вимог і вимог до звітності, гарантуючи, що методи видобутку відповідають галузевим стандартам.

Таким чином, 3D-моделі колекторів значно підвищують точність оцінки запасів та сприяють ефективному управлінню розробкою. Вони дозволяють приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати виробництво та знижувати ризики, що зрештою призводить до більш ефективного вилучення запасів та підвищення операційної ефективності.

**Висновки.** Динаміка розвитку 3D моделювання в Україні знижена, порівнюючи зі світовими темпами. Така ситуація зумовлена відносно невеликими залишковими запасами вуглеводнів, а також станом виснаженості відкритих ще в минулому столітті родовищ нафти й газу. Вихідна інформація, необхідна для побудови 3D моделей характеризується низькою якістю й високим рівнем різних невизначеностей, що обумовлює низку проблем, розв'язання яких потребує проведення додаткового критичного аналізу та напрацювання різних підходів і методик, які б дали змогу якісно інтерпретувати наявну інформацію для отримання бажаного результату.

Таким чином, моделювання розробки родовищ вуглеводнів, які перебувають як на початковій так і на завершальній стадії розробки дає можливість застосовувати складні методики для прогнозування видобутку вуглеводнів та проектувати необхідні заходи для стабілізації видобутку газу.

Стратегія подальших робіт може включати оптимізацію систем розробки родовищ шляхом обґрунтування доцільності закладання проєктних експлуатаційних свердловин з визначенням їхнього оптимального місцезоположення, обґрунтування доцільності й пріоритетності свердловин для проведення заходів з інтенсифікації видобутку та ремонтно-ізоляційних робіт, удосконалення системи контролю й регулювання вироблення запасів і зниження темпів обводнення, визначенням доцільності впровадження вторинних і третинних технологій розробки родовищ.

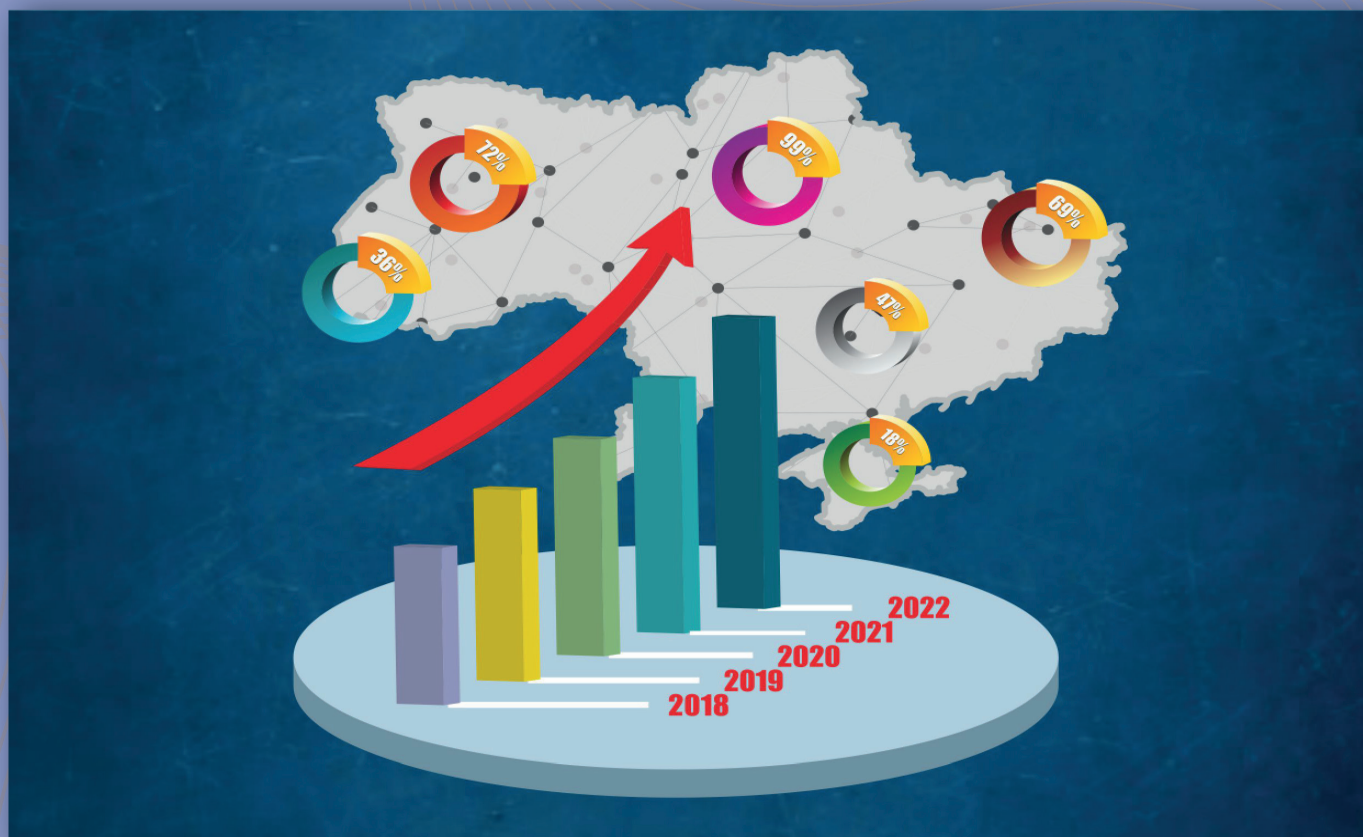
За допомогою розрахунку різних сценаріїв розробки родовища використовуючи постійно діючу геолого-технологічну модель родовища можна порівняти ефективність кожного можливого заходу та оцінити економічну ефективність даних робіт.

#### **Список використаних джерел:**

1. Матківський С.В. (2020). Теоретико-методологічні особливості побудови постійно діючих геолого-технологічних моделей родовищ вуглеводнів. Мінеральні ресурси України, №4, С. 39-44.
2. Бурачок О.В. (2021). Підвищення ефективності вилучення вуглеводнів на різних стадіях розробки газоконденсатних родовищ: дис. доктора філософії. Ів-Франківськ. 247 с.
3. ECLIPSE. [2020]. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1 © Schlumberger, 2020. – 1078 p.
4. Petrel\* Help. Version 2019.2.\* Mark of Schlumberger
5. Burachok O., Matkivskyi S., Spyrou C., and other. (2019). Advantage of Stochastic Facies Distribution Modeling for History Matching of Multi-stacked Highly-heterogeneous Field of Dnieper-Donetsk Basin. Petroleum Geostatistics 2019. Italy. С. 1–5.
6. Єгер Д.О., Ковальчук М.Р., Ковальчук Р.М., Григоренко В.В., Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О., Лизун С.О. (2005). Моделювання геологічної будови покладів нафти і гідродинаміки процесів їх розробки. Львів-Київ. 364 с.
7. Scotese, C.R. (2004). A continental drift flipbook. Journal of Geology, 112, 729-741.
8. Stovbaa, S.M., Stepheson, R.A. (2002). Style and timing of salt tectonics in the Dniepr-Donets Basin (Ukraine): implications for triggering and driving mechanism of salt moving in sedimentary basins. Marine and Petroleum Geology. Pp.1169-1189.

9. James, N.P., Dalrymple, R.W. (2010). Facies Models. The Geological Association of Canada. 591pp.
10. Dake L.P. (1998) Fundamentals of Reservoir engineering. Elsevier. Seventeenth Impression. 443 p.
11. Thomas G. W. (1982) Principles of Hydrocarbon Reservoir Simulation, IHRDC Publishers. Boston. Mass. 160 p.
12. Coats K.H., Dempsey J.R. and Henderson J.H. (1971). The Use of Vertical Equilibrium in Two Dimensional Simulation of Three Dimensional Reservoir Performance, Soc. Pet. Eng. J., March. 63 p.
13. Бурачок О.В., Матківський С.В., Кондрат О.Р. та ін. (2020). Особливості відтворення рівняння стану газоконденсатних сумішей за умови обмеженої вхідної інформації. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. №1(74). С. 82–88.
14. Whitson C.H. (1983) Characterizing Hydrocarbon Plus Fractions. SPE Reservoir Engineering. P. 683–694.

# ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ





## **ІНВЕСТИЦІЙНА ПРИВАБЛИВІСТЬ НОВИХ ОБ'ЄКТІВ ТИТАНОВИХ РУД**

*Василенко А.П., к. геол.-мін. н., alla\_vas@ukr.net,  
Інститут геологічних наук НАН України, м.Київ, Україна*

Титанові руди є стратегічно важливими мінеральними ресурсами в Україні. Титан також входить до переліку критичної сировини Європейського Союзу. Світовий попит на титанову продукцію зростає з кожним роком. Сьогодні існує потреба в освоєнні нових титанових рудних ділянок зі сприятливими економічними показниками. В останні роки в межах перспективних площ і відомих рудних полів було проведено низку пошукових робіт, спрямованих на нарощування титанової ресурсної бази. У результаті було виявлено ряд нових перспективних об'єктів з потенційно промисловими покладами титанових руд.

## **INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF NEW OBJECTS OF TITANIUM ORES**

*Vasilenko A., Cand. Sci (Geol.-Min.), alla\_vas@ukr.net,  
Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine*

Titanium ores are strategically important mineral resources of Ukraine. Titanium is also included in the list of critical raw materials of the European Union. The global demand for titanium products is growing every year. Today, there is a need to develop new areas of titanium ores with favorable economic indicators. In recent years, a number of prospecting works have been carried out in promising areas with the aim of increasing titanium reserves. As a result, new promising objects with potentially industrial titanium ores were discovered.

Титанові руди є стратегічно важливими корисними копалинами України. За ресурсами й запасами титану наша держава входить до числа провідних країн світу і відома як важливий виробник титанових (ільменітових) концентратів. Разом із іншими пріоритетними видами сировини вони забезпечують стабільну роботу національної економіки, високотехнологічні виробництва, приносять певний обсяг валютних надходжень від експорту, що позитивно впливає на стабільність національної валюти. Тому виробництво концентратів і сполук титану (титановий шлак, діоксид титану та ін.), а в перспективі – металу, належить до пріоритетних напрямків розвитку промислового комплексу нашої держави. Титан також внесений до списку критичної сировини Європейського Союзу. З огляду на високий попит цієї продукції надзвичайно актуальним завданням є створення потужної мінерально-сировинної бази титану, яка забезпечить сталий та незалежний розвиток як національної, так і європейської економіки у довготривалій перспективі, а в теперішній час – ті галузі промисловості, які спрямовані на оборону.

Зважаючи на перспективність і зростаючий попит титанової продукції у світі, пріоритетність виробництва Україною титанових концентратів, а також збільшення валютних надходжень від його експорту, виникла потреба в залученні у розробку нових об'єктів титанових руд з вигідними економічними показниками.

За останні роки, з метою нарощування сировинної бази титану, проведено ряд пошукових робіт у межах перспективних площ і відомих рудних полів. У результаті виявлено низку нових перспективних об'єктів з потенційно промисловими покладами титанових руд.

### **Волинський рудний район**

У процесі проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт за останні роки в межах Коростенського плутону виявлено ряд нових об'єктів апатит-ільменітових руд як в корінних породах, так і в їх корах вивітрювання. У межах цих рудопроявів оцінено перспективні ресурси. Руди аналогічні стремигородським, рудні тіла залягають переважно на глибинах 1-15 м. Загальні перспективні ресурси категорії (P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>) ільменіту в корінних апатит-ільменітових покладах Волинського рудного району складають 423 826,4 тис. т; супутнього апатиту – 137 972,3 тис. т (табл 1.)



Враховуючи те, що запаси розсипних ільменітових руд в межах Волинського рудного району поступово вичерпуються, а нові не наращуються, якість руд погіршується, інвесторам важливо звернути увагу на необхідність довивчення нових об'єктів корінних комплексних титан-апатитових руд в основних породах [1, 2]. В такому випадку є висока ймовірність залучення найперспективніших серед них до освоєння вже у найближчі роки.

**Таблиця 1**

**Зведені дані про перспективні (P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>) ресурси корінних апатит-ільменітових руд  
Волинського рудного району**

з/п	Об'єкт прогнозу	Площа прогнозу, км <sup>2</sup>	Глибина прогнозу, потужність рудного покладу, розкривних порід, м	Середній прогнозований вміст корисних компонентів, в %	Перспективні ресурси	
					Категорія P <sub>1</sub>	Категорія P <sub>2</sub>
	2	3	4	5	6	7
	Паромівський рудопрояв	4,6 – кора вивітрювання	Потужність рудного покладу – 7,8; розкривних порід – 9,5	6,75% TiO <sub>2</sub> 2,77% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4870 тис. т TiO <sub>2</sub> 1997 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		3,5 – корінні руди	155,5-233,73 (середня – 187)	5,12% TiO <sub>2</sub> 2,22% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	173906 тис. т TiO <sub>2</sub> 75486 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	Бежівський рудопрояв	1,31 – кора вивітрювання	Потужність рудного покладу – 10,7; розкривних порід – 20,75	6,36% TiO <sub>2</sub> 1,08% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1459,8 тис. т TiO <sub>2</sub> 248,6 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		1,05 – корінні руди	14,4-130,3 (середня – 47,0)	4,74% TiO <sub>2</sub> 1,51% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5075,6 тис. т TiO <sub>2</sub> 1618 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	Рижанський рудопрояв	0,45-корінні руди	Глибина прогнозу – 494; потужність розкривних порід – 25	5,81% TiO <sub>2</sub> 0,64% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	33064 тис. т TiO <sub>2</sub> 3641,6 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Володарсько-Волинський рудопрояв	3,1 – корінні руди	Глибина прогнозу – 280; потужність розкривних порід – 4,0	4,25% TiO <sub>2</sub> 1,19% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	43303,7 тис. т TiO <sub>2</sub> 12436,6 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Черняхівський рудопрояв	0,6 – корінні руди	Потужність розкривних порід – 8,6; рудного покладу – 128,0	4,14% TiO <sub>2</sub> 1,57% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	7950,9 тис. т TiO <sub>2</sub> 3015,2 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Меленівський рудопрояв	3,9 – кора вивітрювання	Потужність рудного покладу – 6; розкривних порід – 13,5	7,24% TiO <sub>2</sub> 1,39% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	2259,8 тис. т TiO <sub>2</sub> 434,4 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		5,16-корінні руди	Глибина прогнозу – 285,0	4,91% TiO <sub>2</sub> 1,26% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	142815,3 тис. т TiO <sub>2</sub> 36712,2 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Тишківський рудопрояв	0,6 – кора вивітрювання	Потужність рудного покладу – 13,8; розкривних порід – 24,5	4,78% TiO <sub>2</sub> 0,57% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	415,8 тис. т TiO <sub>2</sub> 49,4 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		0,227 – корінні руди	Глибина прогнозу – 300	5,78% TiO <sub>2</sub> 1,53% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	8705,4 тис. т TiO <sub>2</sub> 2333,3 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

## Центрально-Український рудний район

Важливу роль в поповненні мінерально-сировинної бази має Центральноукраїнський рудний район, де знаходиться Корсунь-Новомиргородський плутон, у межах якого виявлені розсіпні, корінні та поклади залишкових титанових руд. За результатами проведення переоцінки ресурсного потенціалу твердих корисних копалин тут виявлені нові прогнозні об'єкти титанових руд та підтверджені уже відомі (табл. 2). По даних об'єктах проведена початкова (для P<sub>1</sub>) та загальна (для P<sub>2</sub>) геолого-економічна оцінка.

**Таблиця 2**

### Зведені дані про перспективні (P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>) ресурси титанових руд Центрально-Українського рудного району

з/п	Об'єкт прогнозу	Площа прогнозу, км <sup>2</sup>	Потужність розкритих порід, рудного покладу, м	Середній прогнозований вміст корисних компонентів, в %, кг/м <sup>3</sup>	Перспективні ресурси	
					Категорія P <sub>1</sub>	Категорія P <sub>2</sub>
	Канізький прояв	1,03	Потужність розкритих порід – 69	4,32 % TiO <sub>2</sub> 2, 27% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	9383 тис. т TiO <sub>2</sub> 4930 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Покровський прояв	2,5	-	4,74% TiO <sub>2</sub> 2,79% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	4960 тис. т TiO <sub>2</sub> 2750 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Північно-Західний прояв	31,67	-	4,07% TiO <sub>2</sub> 1,76.% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	5280 тис. т TiO <sub>2</sub> 2750 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Воронівський прояв	3,4	Потужність розкритих порід – 47	4,54% TiO <sub>2</sub> 0,38% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	19 200 тис. т TiO <sub>2</sub> 1 610 тис. т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Волківський прояв	1,02	-	5,04% TiO <sub>2</sub> 1,12% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	7 202 тис. т. TiO <sub>2</sub> 670 тис.т P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Аврамівське родовище (Східна ділянка)	12,94	Середня глибина залягання пласта: 47,1 – в корі вивітрювання; 45,6 – в пісках	122,9 кг/м <sup>3</sup> – в корі; 112,8 кг/м <sup>3</sup> – в пісках (ільменіт)	14 882 тис.т ільменіту	371 тис.т ільменіту
	Західне родовище	9,46	Глибина залягання рудного покладу – 52,7; потужність рудного покладу – 7,7 м	Середній вміст ільменіту- 93,5 кг/м <sup>3</sup>	6804,0 тис. т ільменіту	-
	Лікарівське родовище	0,64	Потужність рудного покладу – 1,3-16,0 (середня 8); глибина залягання пласта 18,8 – 46,8 (середня 29,1)	Середній вміст ільменіту– 128,9 кг/м <sup>3</sup>	325,0 тис.т ільменіту	-
	Андріївське родовище	0,43	Глибина залягання рудного покладу – 11,5; потужність рудного покладу 6,3	Середній вміст ільменіту – 57,5 кг/м <sup>3</sup>	172,0 тис.т ільменіту	-
0	Валуївське родовище	0,12	Потужність рудного покладу 3,5-6,0 (середня 4,2 глибина залягання пласта – 44,4	Середній вміст ільменіту–199,5 кг/м <sup>3</sup>	104,0 тис.т ільменіту	-

Корінні поклади (як і в межах Коростенського плутону) приурочені до габроїдних порід і є комплексними (супутній компонент – апатит). На ряді об'єктів оцінені перспективні ресурси (категорії P<sub>2</sub>) в обсязі 46 025,0 тис. т ільменіту та 12 710,0 тис. т апатиту. Найбільш перспективними є Покровський, Волківський, Воронівський, Північно-Західний та Канізький прояви, які потребують проведення більш детальних пошукових та пошуково-оцінювальних робіт.

Поклади гіпергенних руд на території Корсунь-Новомиргородського плутону пов'язані з корою вивітрювання основних порід. Рудні тіла мають пласто- і лінзоподібну форму і переважно контролюються контурами розповсюдження меланократових порід. Підвищені концентрації ільменіту в корах вивітрювання досягають 100-156 г/т. На окремих ділянках крім високих концентрацій ільменіту в корах відмічається підвищений вміст апатиту до 5-12 г/т.

Найбільш перспективними представником цього генетичного типу є Аврамівське родовище (ділянка Східна) перспективні ресурси (категорія P<sub>1</sub>) ільменітових руд в корах вивітрювання якого складають 14 882, 0 тис. т та 371,0 тис. т. (категорія P<sub>2</sub>).

У межах Лікарівського, Валуївського, Західного та Андріївського родовищ розсипних ільменітових руд проведено пошуково-оцінювальні роботи, де визначено обсяги запасів (катерогія C<sub>2</sub>) та перспективних ресурсів катерогіяP<sub>1</sub> в обсязі 7405,0 тис. т ільменіту. Дані об'єкти заслуговують постановки розвідувальних робіт.

### **Титан-цирконієві розсипи північно-східного схилу Українського щита**

Крім відомих промислових розсипів прибережно-морської фації комплексного циркон-рутил-ільменітового складу (Малишівський та ін.) за останні роки особлива увага була приділена вивченню перспектив титан-цирконієвих розсипів північно-східного схилу Українського щита. Одним з найперспективніших об'єктів на даній території є Тарасівське родовище.

Для зміцнення бази Тарасівського родовища на його флангах, в межах перспективної Придніпровської розсипної зони проведено довивчення і переоцінка розсипів з підрахунком ресурсів, оцінкою технологічних властивостей руд і складанням ТЕМ (техніко-економічні міркування) (табл. 3) [3].

**Таблиця 3**

#### **Зведені дані про перспективні ресурси (кат.P<sub>2</sub>) титан-цирконієвих розсипів північно-східного схилу Українського щита**

Назва розсипу	Коефіцієнт покрівлі	Перспективні ресурси категорія P <sub>2</sub>				
		Площа, км <sup>2</sup>	Потужність, м		Середній вміст умовного ільменіту, кг/м <sup>3</sup>	Ресурси умовного ільменіту, тис. т
			покрівлі	рудного покладу		
Березівський	6,4	Блок 11,7	27,5	5,1	105,35	986,4
	5,4	Блок 23,9	12,8	2,38	73,47	736,5
Юрівсько-Козіївський	5,2	4,74	17,0	3,26	163,02	2700
Мар'янівський	2,17	6,7	17,0	4,2	67,48	2050
Голуб'ятинський	3,8	3,5	23,9	7,9	70,43	2100
Золотухінський	4,0	2,5	24,5	6,13	60,4	995
Григорівський	4,1	2,5	42,3	9,0	68,2	1657

**Висновки.** У зв'язку зі стрімко зростаючим попитом у світі на титан-цирконієву продукцію, виникає потреба у залученні в розробку нових об'єктів титану з вигідними економічними показниками. Проведений аналіз свідчить, що Україна володіє значним ресурсним потенціалом титанових руд, ефективна реалізація якого можлива за умов проведення подальших геологічних досліджень, розробки та вдосконалення нових технологій видобутку та збагачення з урахуванням світової кон'юнктури мінеральної сировини. Результати проведених досліджень дають можливість забезпечити надрокористувачів інформацією щодо наявності нових перспективних об'єктів для інвестування і таким чином оптимізувати процес надрокористування.

До системи моніторингу мінерально-сировинної бази титану, крім відомих родовищ і рудопроявів, повинні залучатися перспективні площі та рудопрояви, які потребують подальшого

довивчення за рахунок інвестицій. На цих об'єктах підраховані ресурси (в основному перспективні категорій  $P_1+P_2$ ), а також проведена загальна для  $P_2$  та початкова для  $P_1$  геолого-економічна оцінка.

**Список використаних джерел:**

1. Василенко А.П. Мінерально-сировинна база України. Стаття 2. Стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України та основні напрямки геологорозвідувальних робіт щита // Мінеральні ресурси України. 2014. № 3. С. 3–7.
2. Василенко А. П., Трохименко В.М. Проблеми надрокористування на прикладі розробки титанових родовищ в межах західної частини Українського щита // Мінеральні ресурси України. 2014. № 4. С. 4–5.
3. Василенко А.П., Сукач В.В. Нарощування мінерально-сировинної бази України новими об'єктами титанових руд // Мінералогічний журнал, 2023, Т. 45 (3). С. 97–105.

## КАЛІЙ ПРИКАРПАТТЯ, ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА

*Костів І.Ю., к. тех. н., ivankostiv@yahoo.com,  
Хацевич О.М., к. тех. н., наук. співробітник, khatsevich.olga@meta.ua,  
Держко О.І., наук. співробітник, olgaderzko328@gmail.com,  
Садовий Ю.В., провідний інженер, ysadovyi@gmail.com,  
Державна установа «НІОХІМ», м. Калуш, Україна*

У статті наведені дані про перспективу відновлення виробництва технічного натрій хлориду, сульфатних калійно-магнієвих добрив і концентрованого розчину магній хлориду, який є сировиною для отримання металічного магнію, магній оксиду чи гідроксиду, магнезійних в'язучих. Розроблені нові технології перероблення руди, які передбачають попереднє її очищення від домішок мулу, гідратування для конверсії повільно розчинних мінералів у швидко розчинні, розчинення, кристалізацію добрива і випарювання надлишкових розчинів, а також розсолів, які включають їх насичення солями хвостосховищ та солевідвалів, очищення від домішок гіпсу і заліза, випарювання у багатокорпусних вакуум випарних установках, кристалізацію сульфатного добрива і натрій хлориду.

## POTASSIUM OF THE CISCARPATHIAN, ITS SIGNIFICANCE AND PRODUCTION PROSPECTS

*Kostiv I., Cand. Sci. (Eng.), ivankostiv@yahoo.com,  
Khatsevich O., Cand. Sci. (Eng.), Researcher, khatsevich.olga@meta.ua,  
Derzhko O., Researcher, olgaderzko328@gmail.com,  
Sadovy Yu., Senior Engineer, ysadovyi@gmail.com,  
State Institution "NIOCHIM", Kalush, Ukraine*

The article provides data on the prospect of resuming the production of technical sodium chloride, sulfated potassium-magnesium fertilizers and a concentrated solution of magnesium chloride, which is a raw material for obtaining metallic magnesium, magnesium oxide or hydroxide, and magnesium binders. New ore processing technologies have been developed, which include preliminary cleaning of silt impurities, hydration for the conversion of slowly soluble minerals into rapidly soluble ones, dissolution, crystallization of fertilizer and evaporation of excess solutions, as well as brines, which include their saturation with salts in tailings and salt pits, cleaning of gypsum impurities and iron, evaporation in multi-body vacuum evaporation units, crystallization of sulfate fertilizer and sodium chloride.

**Мета:** аналіз літературних джерел про значення калію для рослин та живих організмів, потребу сільського господарства України в калійних добривах і про перспективи їх виробництва в Україні та світі.

**Методи досліджень:** аналіз публікацій та фондових матеріалів.

### 1. Калій, вплив на рослини і здоров'я людини

Калій є найважливішим елементом для життя і в той же час – найбільш дефіцитним у ґрунті. Поряд із азотом і фосфором він є одним із основних елементів для живлення рослин. Калій сприяє перетворенню рослинами азоту в білок, збільшенні вмісту цукру в цукрових буряках, цитрусових і баштанних культурах, томатах, білків у зернових, покращенні споживчих якостей всієї сільськогосподарської продукції. Недостатнє забезпечення рослин калієм призводить до того, що азотні добрива не переводяться в білок і залишаються у вигляді нітратів, отруйних для живого організму. А до останнього часу частка нітратних добрив значно переважала частку фосфору та калію [1], що зумовлює низьку якість рослинних харчових продуктів і відповідно, впливає на здоров'я населення. Вживання з рослинною їжею калію та магнію зменшує захворюваність на серцево-судинні, гіпертонічні та ревматичні хвороби. Люди з надмірною масою тіла, а також гіпертоніки за допомогою калію і магнію можуть регулювати свій вуглеводневий та жировий обмін без втомлюваних дієт та обмежень у харчуванні з метою схуднення, а також нормалізувати артеріальний тиск. Сполуки калію в організмі необхідні для нормального функціонування всіх м'яких тканин: клітин мозку, судин, капілярів, м'язів (особливо серцевого), печінки, нирок, залоз внутрішньої секреції та інших. Вони регулюють водно-сольовий обмін в організмі, сприяють розщепленню цукру у крові. Директор дослідницького інституту харчування і серцево-судинної системи США Девід А. Мак-Коррон



стверджував: «Ні один із хімічних елементів не спричиняє такого суттєвого впливу на нормальний перебіг процесів внутріклітинної регуляції фізіологічних функцій, як калій» [2].

Калій блокує поступлення в рослини радіоактивних ізотопів цезію, які потрапили в ґрунти внаслідок аварії на ЧАЕС. Рослина поглинає більш рухливий калій, а малорухливі і важкі ізотопи цезію залишаються в ґрунті та поступово розкладаються. Вперше повідомлення про те, що від радіоактивного цезію –137 у рослинах можна позбутись за допомогою калію, надійшло з тихоокеанського атола Бікіні, де в 1940–1950 роках США проводили наземні випробування ядерної зброї. Жителів атола, аборигенів, на період випробувань перевезли на інші острови. Перед їх поверненням на Бікіні було необхідно здійснити дезактивацію ґрунту, зараженого радіоактивними цезієм -137 і стронцієм – 90. Спочатку планували на всьому атолі зняти родючий шар ґрунту товщиною пів метра і захоронити. Це означало на довгі роки позбавити аборигенів можливості вирощувати продукти харчування. Американські спеціалісти виявили, що засвоєння рослинами радіоактивного цезію - 137 затримується внесенням у ґрунт калію і рослини практично не заражаються радіонуклідами. Таким чином були збережені ґрунти і рослинність, зокрема кокосові пальми, плоди яких становлять значну частину раціону жителів атола. «Калієва терапія» забруднених радіонуклідами земель була використана білоруськими агрохіміками при вирішенні аналогічних проблем екологічно чистої продукції після аварії на ЧАЕС. Вже через п'ять років білоруський досвід внесення підвищених доз калійних добрив (до 200 кг на гектар) дозволив знизити вміст радіонуклідів на більшій частині території Білорусі до рівня, нижчого за гранично допустимий. Ці висновки треба врахувати як захід із ліквідації радіоактивного забруднення. Аналогічно очищується сільгосппродукція від радіоактивного стронцію – 90 за допомогою подібного до нього елемента – магнію, який є в калійно-магнієвих добривах [2].

Калій збільшує морозостійкість рослин. За нормального внесення калію в ґрунти втрати посівів зернових у морозні зими не будуть такими важкими. Крім того калій підвищує стійкість рослин до посухи. Це також актуально, оскільки часто появляються повідомлення про засухи в східних та південних областях України. Калій підвищує стійкість сільськогосподарських культур до хвороб, що не менш важливо, оскільки в останні роки деякі культури вже не можна вирощувати без пестицидів.

Сульфатні форми калійних добрив незамінні під цитрусові культури, томати, тютюн, картоплю, зернові, виноград та інші. Саме такі форми добрив виробляли у Калуші з полімінеральних руд. У Європі розробляються тільки два родовища таких руд: у Німеччині та в Україні. Зупинені українські калійні підприємства мають ще потужні запаси сировини, які могли б забезпечити їх роботу.

Рослини з ґрунту виносять обмінний калій. Урожай зернових і насіння соняшника особливо виснажують ґрунт калієм і після себе потребує внесення калійних добрив. Внесення калію із ґрунту в останні роки мало компенсується внесенням калійних добрив. Забирання поживних речовин урожаєм сільськогосподарських культур значно перевищує їх надходження з мінеральними добривами. Це означає, що відбувається виснаження ґрунтів. Збереження такого стану призведе до деградації орних земель, наслідком чого стане поступове зниження урожайності. З кожним новим урожаєм орні землі все більше виснажуються, їх родючість знижується. Виправити ситуацію можна тільки за рахунок внесення в ґрунти нових порцій добрив, у тому числі калійних. Зараз також інтенсифікувалося вирощування олійних культур, які, зважаючи на вичерпування запасів нафти і газу, використовується для виробництва біоетанолу, біодизелю, паливних брикетів тощо. Наприклад, за урожайності цукрових буряків 70 т з гектара і цукристості 17 % із одного гектара теоретично можна отримати 12 т цукру, з якого добувають 6,5 т спирту. Актуальним є питання заміни моторного палива на оливи (зокрема ріпакову), це також вимагає використання більшої кількості калійних добрив. Біоспирт можна отримати також із крохмалю, клітковини. Паливо для автотранспорту виготовляють також із кукурудзи, ріпаку. Підвищення урожайності а, особливо, вмісту вуглеводів та ліпідів сільськогосподарських культур досягається внесенням калійних і калійно-магнієвих добрив.

## **2. Аналіз потреби сільського господарства у калійних добривах**

У світі нараховується близько 30 калійних соленосних басейнів на всіх континентах. Основні запаси калійних солей, як і прогнозні ресурси, зосереджені в родовищах безсульфатного сильвінітового і сильвініт-карналітового геолого-промислових типів (95 %). Приблизно 4 % запасів належать до сульфатного типу, більше 1 % – зосереджені в розсолах. До 80 % світових прогнозних ресурсів калійних солей зосереджено в калійних басейнах Канади, Росії, Білорусії, США, Німеччини, Тайланду. Значними запасами калійної сировини володіють країни, які ще не приступили до їх використання (Аргентина, Тайланд, Лаос, Конго, Нігерія, Мексика, Туркменія) [3].

Випуск сульфатних калійних добрив становить 7–8 % від світового виробництва калійних добрив. В ХХІ ст. за прогнозами [4–6] попит на калійні добрива буде збільшуватися. Це визначається, з однієї сторони, зростанням чисельності населення, а з іншої – скороченням площ орних земель, зменшенням водних ресурсів. Забезпечити потреби людей у продуктах харчування можна буде тільки за рахунок інтенсифікації землеробства, тому важливу роль відіграватимуть мінеральні добрива. Зараз на виробництво сільськогосподарської продукції відведено тільки 10–15 % всієї поверхні земної суші. А прогнозують, що площа орних земель на 2020-ті роки скоротиться до 0,17 га на одну особу, в Азіатському регіоні – з 0,15 га до 0,08 га, а в Індії – з 0,14 га до 0,10 га. Для порівняння на 1 га ріллі у 1988 р. вносилося калію в перерахунку на 100 % поживної речовини: в Україні 47,8, у країнах Балтії – 116, в Західній Європі – 107, у Північній Америці – 127, в Японії – 200 кг [3].

З усіх відомих сільськогосподарських культур найбільше калію з ґрунту виносить соняшник, підвищений вміст у ґрунті калію сприяє росту ріпаку. Отже, використання якісних калійних добрив зміцнить продовольчу і енергетичну базу України.

Відомо, що співвідношення N : P : K повинно бути збалансованим, баланс поживних речовин необхідний для екологічно здорового і економічно рентабельного та стійкого виробництва сільськогосподарських культур. Ще в 1997 році в Україні воно дорівнювало 1 : 0,26 : 0,15 [4]. У 1990 році в Україні воно було кращим і дорівнювало 1 : 0,79 : 0,66. В розвинутих країнах Заходу це співвідношення становить 2 : 1 : 1 (США, країни Західної Європи), 1 : 1 : 1 (Японія). Збереження негативного балансу калію загрожує родючості ґрунтів, зниженню якості та урожайності сільськогосподарських культур. При вирощуванні зернових рівень внесення калію в ґрунт повинен перевищувати його винесення в 1,4 рази.

Для забезпечення стабільного урожаю рослинницької продукції щорічна потреба сільського господарства України у добривах відповідає близько 8 млн т діючої речовини, у тому числі: азотних добрив – 2,9 млн т, фосфорних – 2,3 млн т і калійних – 2,0 млн т [5]. За останні роки в нашій країні калійні добрива вносили в ґрунти у дуже малій кількості. Тому ґрунти на даний час відчувають дефіцит калію, що сприяє зниженню урожайності та якості вирощуваної продукції.

## **3. Виробництво калійних добрив в Україні та світі, його перспективи**

Дані про перспективи споживання, особливо азіатськими країнами, свідчать про зростання попиту на сульфатні форми калійних добрив. Вони мають низку переваг перед хлоридними. На Прикарпатті знаходяться родовища калійних солей із запасами 7,8 млрд т [6]. На відміну від підприємств-виробників азотних та фосфорних мінеральних добрив, калійні мають власну потужну сировинну базу. У зв'язку з подорожчанням природного газу, який є сировиною для азотної промисловості, можна очікувати зростання ціни на азотні добрива. Тому сприятливішими є умови виробництва калійних добрив, особливо сульфатних.

Масштаби світового виробництва в останні роки щодо виробництва калійних добрив оцінюються в близько 56 млн т та мають стабільну перспективу до зростання на 3–4 % за рік. Цьому сприяє збільшення виробництва продуктів харчування, натуральних волокон і біопалива. Хоча в останні кілька років зменшилось постачання калійних добрив на світовий ринок. І як наслідок, зросли ціни на калійні добрива. Імпортний калію хлорид в Україні, в основному, витрачається для одержання комплексних, змішаних добрив та калію сульфату. Основним

виробником калійних добрив є Канада, яка на сьогодні випускає 40 % світового випуску калію хлориду. В ФРН випускають калію хлорид, невелику кількість калію сульфату та калімагнезії.

В Італії через вичерпування запасів каїнітових руд на острові Сицилія калійне виробництво фірми Італкалі зупинилося в середині 90-х рр.

У США випускають калію хлорид, а також на базі руд Карлсбадського родовища в невеликій кількості калімаг – відмитий від легкорозчинного натрію хлориду лангбейніт, який після висушування містить 22 % калію у перерахунку на  $K_2O$ , 18 % магнію у перерахунку на  $MgO$  та менше 2,5 % хлору ( $Cl^-$ ). Після розсіювання дрібнодисперсний порошок лангбейніту переробляють на калію сульфат. Запаси сировини у США також вичерпується і випуск сульфатних добрив скорочується.

У ФРН фірма K + S Kali GmbH випускає калімагнезію під торговою маркою «Patentkali». На ринок України завозять добриво «Polysulphate Premium» виробництва Cleveland Potash Limited, Велика Британія, яке є помеленим природним полігалітом.

Внаслідок діяльності на Прикарпатті калійних виробництв, які зараз простоюють, виникли складні екологічні проблеми, які потребують негайного вирішення. Зокрема, у Стебнику наявний рудник № 1, на якому можна відновити видобування полімінеральної сировини, а також заповнений майже повністю розсолами рудник № 2. На шахтних полях відбуваються карстові провали земної поверхні, які створюють загрози для наземних об'єктів. Після зупинки калійних виробництв Калуша і Стебника, постає питання подолання екологічних наслідків їх діяльності, оцінки наявного сировинного потенціалу і відновлення на його основі виробництв. Під час роботи калійних виробництв у Калуші і Стебнику виробляли калійних добрив 500 тис. т у перерахунку на калій оксид.

Чи є можливість відновлення калійного виробництва в Калуші та Стебнику? За роки роботи заводу калійних добрив видобували калійну сировину у руднику «Калуш» (колишній калійний комбінат), шахтах «Голинь», «Ново-Голинь» та Домбровському кар'єрі. Через недосконалість технології витяг Калію із сировини у добриво не перевищував 55-60 %. Причому основний сульфатний важкорозчинний мінерал лангбейніт, вміст якого в руді досягав до 18 %, вилучали лише на 22-23 %, решту із твердими відходами викидали у хвостосховища. Там під дією вологи і часу лангбейніт гідратувався у легкорозчинну форму - шеніт. Під дією атмосферних опадів, які проходять через товщу соляних відкладень, шеніт та інші легкорозчинні солі розчиняються і концентровані розчини просочуються через днища та борти хвостосховищ у довкілля. В холодний період року із цих розчинів викристалізовується частина кристалогідрату Натрій сульфату, який утворює досить масивні білі соляні «шапки» на зовнішніх бортах хвостосховищ і відвалів розкривних порід. Решта розчинів сульфатних солей через борти і днища фільтрується у довкілля. Ще один сировинний ресурс для калійного виробництва - концентровані шахтні розсоли, розсоли хвостосховищ і Домбровського кар'єру, які мають мінералізацію солей до 410 г/дм<sup>3</sup>.

За період від 1995 р. виробництво калійних добрив в Україні швидко зменшувалося і супроводжувалось ростом збитковості. Така ситуація призвела калійні підприємства: ДП «Калійний завод» ВАТ «Оріана» (м. Калуш) і ПГХП «Полімінерал» (м. Стебник) до зупинки, що означало припинення виробництва калійних добрив в Україні. При цьому виникли і загострилися екологічні проблеми. Заскладовані на земній поверхні соляні відходи видобування та перероблення полімінеральної сировини, а також розсоли хвостосховищ під впливом атмосферних опадів розчиняються і виносяться у водоносний горизонт, спричиняючи засолення значних територій.

Розроблена і затверджена на колегії Міністерства промислової політики України «Програма розвитку виробництва калійних добрив в Україні на 2003–2007 рр.», яка передбачала відновлення і нарощування потужності калійної промисловості України, але вона не була реалізована. Також 14 лютого 2023 року Кабінет Міністрів України затвердив перелік родовищ корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, куди внесені Калуш-Голинське і Стебницьке родовища як сировинні

бази для виробництва калійних добрив та натрій хлориду. Крім цих родовищ є ще перспективні родовища із запасами сировини на багато десятиків років.

**Висновки.** Калій є важливим елементом для забезпечення підвищення урожайності ґрунтів, сприяє покращенню якості продуктів харчування, що сприяє зміцненню здоров'я людини. Достатньо великі запаси власної сировини, важлива роль і значення калію для рослини та людини, а також його дефіцит в ґрунтах є основними фактором для відновлення роботи калійних виробництв в Україні. Виробництво калійних добрив у світі має тенденцію до зростання. Підприємства з виробництва калійних добрива в Україні на даний час зупинені, а як наслідок їх неефективної діяльності залишилися екологічні проблеми, розв'язання яких можливе тільки з відновленням калійного виробництва і переробленням нагромаджених соляних відходів. Серед всіх мінеральних добрив, тільки калійні мають потужну сировинну базу в Україні.

#### **Список використаних джерел:**

1. Ковеня Т.В. Аналіз стану та споживання основних видів хімічної продукції в 2014 році / Хім. промисловість України. 2015, № 3. С. 3-32.
2. B. Bista and D. Bhandari Potassium Fertilization in Potato / Int. J. Appl. Sci. Biotechnol. 2019 - Vol 7(2): P. 153-160. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i2.24636.
3. Robert L. Mikkelsen, Terry L. Roberts. Inputs: Potassium Sources for Agricultural Systems / Chapter, January 2021. P. 47-75. DOI: 10.1007/978-3-030-59197-7\_2.
4. Orris, G.J., Cocker, M.D., Dunlap, P., Wynn, Jeff, Spanski, G.T., Briggs, D.A., and Gass, L., 2014, Potash—A global overview of evaporite-related potash resources, including spatial databases of deposits, occurrences, and permissive tracts: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5090–S, 76 p. <http://dx.doi.org/10.3133/sir20105090S>.
5. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. Агрохімія і ґрунтознавство. 2021. № 91. С. 31– 40.
6. Robert Mikkelsen The Development of the Potash Fertilizer Industry / Better Crops. Vol. 101 (2017). №3. P. 26-27.
7. Barbier M, Li YC, Liu G, He Z, Mylavarapu R, Zhang S (2017) Characterizing polyhalite plantnutritional properties. Agric Res Technol 6(3). <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.06.555690>
8. Response of sunflower to different ratios of nitrogen, phosphorus, potassium fertilizer Pabitra Adhikary, Partha Sarathi Patra, Hasim Reja, Sukanta Saren and Babulal Tudu Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2018; 7(4): 2898-2901. DOI: 10.13140/RG.2.2.13709.38889

## **ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ СТРАТЕГІЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН УКРАЇНИ**

*Михайлов В.А., д. геол. н., проф., vladvam@gmail.com,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ННІ «Інститут геології», м. Київ, Україна*

Проведена експертна оцінка мінерально-сировинної бази (МСБ) України, виділено чотири категорії стратегічних корисних копалин з точки зору їх інвестиційної привабливості: традиційні (залізо, марганець, титан, уран, каолін, піски формувальні, будівельне і облицювальне каміння, глина тугоплавка); високоперспективні (рідкісні землі, цирконій і гафній, літій, скандій, германій, графіт, солі калійні, абразивна сировина (гранат), кварцова сировина, сировина п'єзооптична); перспективні (нікель, кобальт, хром, алюміній, мідь, тантал і ніобій, берилій, золото, фосфорити, апатит, плавииковий шпат, глауконіт, флюсові вапняки і доломіти, вапняки для цукрової промисловості, бентонітові глини, польовошпатові сировина, каменебарвна сировина); з невиясненими перспективами (ванадій, свинець і цинк, вольфрам, молибден, платина і платиноїди, стронцій, магній, миш'як, рубідій, цезій, барит, бор, давсоніт, бром і йод, мінеральні сорбенти, високоглиноземиста сировина, алмаз, сировина для виробництва мінеральних фарб, фтор, сірка); визначені чинники і критерії інвестиційної привабливості і проведена її експертна оцінка 114 родовищ металічних і неметалічних корисних копалин України.

## **SYSTEM ANALYSIS OF THE MINERAL-RAW MATERIAL BASE OF STRATEGIC MINERALS OF UKRAINE**

*Mykhailov V., Dr. Sci. (Geol.), Professor, vladvam@gmail.com,  
Taras Shevchenko National University of Kyiv  
Institute of Geology, Kyiv, Ukraine*

A systematic analysis of the mineral resource base (MRB) of strategically important minerals for the Ukrainian economy is carry out. Four categories of strategic minerals from the point of view their investment attractiveness are identified: traditional (iron, manganese, titanium, uranium, kaolin, sand molding, building stones, quartz raw materials, refractory clay); highly promising (rare earths, zirconium and hafnium, lithium, scandium, germanium, graphite, potassium salts, abrasive raw materials, piezooptical raw materials); promising (nickel, cobalt, chromium, aluminum, copper, tantalum and niobium, beryllium, gold, phosphorite, apatite, fluorspar, glauconite, limestones for sugar industry, flux limestones and dolomites, bentonite clays, feldspar, rough semi-precious stone); with unclear prospects (vanadium, lead and zinc, tungsten, molybdenum, platinum minerals, strontium, magnesium, arsenic, rubidium, cesium, barite, boron, dawsonite, bromine and iodine, mineral sorbents, high alumina raw materials, raw materials for mineral production paints, fluorine, sulfur). Factors and criteria of investment attractiveness are determined and its expert assessment for deposits of metallic and industrial minerals and rocks of Ukraine is carried out, ways of creation of harmoniously-developed balanced MRB of strategic minerals are shown.

**Вступ.** Експлуатація об'єктів МСБ для України є стратегічною задачею, яка має важливе економічне значення, особливо стосовно залучення інвестицій в розвиток МСБ корисних копалин України з оглядом на майбутнє відродження економіки нашої країни. Питання стратегічно важливих для економіки України корисних копалин розглядалося в роботах багатьох дослідників (Бабинін О.К., Бакаржиєв О.Х., Бартошинський В.З., Белєвцев Я.М., Бобров О.Б., Бордюгов В.П., Бочай Л.В., Войновський А.С., Галецький Л.С., Гожик П.Ф., Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Загнітко В.М., Зарицький О.І., Коваль В.Б., Куліш Є.О., Лебідь М.І., Матковський О.І., Металіді В.С., Нечаєв С.В., Панов Б.С., Приходько В.Л., Покалюк В.В., Семененко М.П., Сіворонов А.О., Скаржинський В.І., Третьяков Ю.І., Шнюков Є.Ф., Шумлянський В.О., Щербак М.П., Яценко Г.М. та багатьох інших), з яких найбільш повною і концептуальною роботою є монографія Д.С. Гурського, де стратегічно важливі для економіки країни корисні копалини розглядаються як види сировини, використання яких забезпечує приріст внутрішнього валового продукту, валютні надходження, наповнення державного бюджету, економічну та оборонну безпеку країни (Гурський, 2008). Однак, в цих роботах відсутні системний аналіз стратегічних корисних копалин України і їх ранжування з точки зору інвестиційної привабливості, які раніше вже обговорювалися в ряді праць (Михайлов та ін., 2017, 2022; Михайлов, 2023). Тому ціллю доповіді є загальна оцінка МСБ стратегічних корисних копалин України і окремих родовищ металічних і неметалічних корисних копалин з точки зору їх інвестиційної привабливості.

**Викладення основного матеріалу.** В останні роки у світі обговорюються питання щодо так званої критичної мінеральної сировини, до якої в Україні віднесені наступні корисні копалини: природний газ, нафта, уран, коксівне та антрацитове кам'яне вугілля, руди алюмінію, вольфраму, міді, свинцю, цинку, нікелю, літію, танталу, ніобію, хрому, кобальту, магнію, МПП та ін. (Мінеральні ресурси..., 2020; Проект закону..., 2021; Проект Кодексу..., 2021; Рудько, Бала, 2021; Mukhailov et al., 2022). Безумовне, питання критичних мінералів є актуальним і для України, але більш важливим, особливо в умовах відновлення її економічного потенціалу, є питання стратегічних корисних копалин.

У списку провідних видобувних країн світу за об'ємом видобутку мінеральної сировини Україна займає 24 місце з видобутком у 2021 р. 108 млн т (для порівняння: Китай – 4639 млн т, США – 2217, Росія – 1676, Австралія – 1310, Індія – 1125 млн т), а по вартості видобутої сировини – 36 місце (\$ 20173 млн) (для порівняння: Китай - \$ 879461 млн, США – 652348, Росія – 506217, Саудівська Аравія – 289925, Австралія - \$ 246674 млн) (World Mining..., 2023).

В останні роки у світі найбільш суттєвим було зростання видобутку літію, рідкісноземельних елементів (РЗЕ), титану, бокситів, нікелю, берилію, германію, галію, ніобію, індію, телуру, селену, графіту, бору, флюориту, діатоміту, перліту, вермикуліту, але суттєво знизився видобуток олова, ртуті, сурми, урану, танталу, технічних алмазів. За останні передвоєнні роки в Україні суттєво збільшився видобуток заліза, марганцю, титану, польового шпату, графіту, гіпсу, каоліну, сірки, коксівного вугілля, але знизився видобуток галію, бентоніту, солі, циркону, вугілля, урану (табл. 1). Ці дані треба враховувати при визначенні інвестиційної привабливості об'єктів МСБ України.

**Таблиця 1**

**Динаміка видобутку найважливіших корисних копалин України (World Mining..., 2023)**

<b>Сировина</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>21/15 %</b>
Залізо, тис. т	42 817,2	40 240,6	38 767,6	38 751,3	47 584,0	49 274,0	52 431,0	+22,5
Марганець, тис. т	546,6	491,5	650,5	682,7	698,1	698,5	652,3	+19,3
Титан, тис. т	375,5	339,8	430,3	518,9	564,0	537,4	489,2	+30,3
Галій, т	9	9	9	6	5	4	4	-55,6
Германій, т	1	1	1	1	1	1	1	0
Бентоніт, тис. т	220,0	200,0	113,2	178,2	124,7	125,0	125,0	-43,2
Польовий шпат, тис. т	44,5	33,6	35,0	50,0	60,0	50,0	60,0	+35,0
Графіт, тис. т	10	12	13	15	10	10	17	+70,0
Гіпс, тис. т	1 254,9	1 303,0	1 528,9	1 386,4	1 409,4	1 529,0	1 783,3	+42,1
Каолін, тис. т	1 814,8	2 335,0	2 379,6	2 091,5	1 843,6	1 680,9	2 317,7	+27,7
Сіль, тис. т	2 136,5	1 783,5	1 815,7	2 191,6	2 092,8	2 075,0	1 900,0	-11,1
Сірка, тис. т	171,7	171,3	175,9	222,2	220,4	223,5	255,6	+48,9
Циркон, тис. т	30,0	29,3	27,2	21,6	18,0	16,0	27,0	-10,0
Вугілля, тис. т	23 852,7	25 121,5	18 932,9	21 648,1	19 747,2	17 733,5	22 153,0	-7,1
Коксівне вугілля, т	6 063 900	6 508 800	5 233 900	4 606 300	5 783 200	6 434 800	7 234 000	+19,3
Газ, млрд м <sup>3</sup>	19 900	20 052	20 510	20 806	20 520	20 183	19 757	-0,7
Нафта, т	2 533 300	2 272 100	2 169 900	2 293 300	2 453 600	2 243 800	2 455 400	-3,1
Уран, т	1 156	1 185	986	1 390	944	877	536	-53,6
<b>Всього, тис. т</b>	<b>97 792,7</b>	<b>96 884,8</b>	<b>88 682,6</b>	<b>91 303,4</b>	<b>99 014,0</b>	<b>98 965,7</b>	<b>107 706,7</b>	<b>+10,1</b>

Нами було проаналізовано і систематизовано список стратегічних корисних копалин України з точки зору їх інвестиційної привабливості і виділені їх наступні групи (табл. 2):

- **традиційні**, які інтенсивно розробляються в Україні, мають значні розвідані запаси, забезпечують наповнення державного бюджету, характеризуються високим рівнем інвестиційної привабливості ( $\geq 70\%$ ), низьким ризиком інвестиційних вкладень ( $\leq 30\%$ ), але високою конкуренцією;



- **високоперспективні**, родовища яких в Україні відомі, із значними запасами (ресурсами), але поки що не розробляються або розробляються в незначних обсягах, вони мають високий рівень інвестиційної привабливості ( $\geq 70\%$ ), низькі ризики інвестиційних вкладень ( $\leq 30\%$ ), характеризуються середнім рівнем конкуренції;
- **перспективні**, родовища яких в Україні відомі, але запаси (ресурси) достовірно не встановлені, тому перспективи їх освоєння остаточно не визначені, вони характеризуються середнім рівнем інвестиційної привабливості (50–69%), середніми ризиками інвестиційних вкладень (31–50%), низькою конкуренцією;
- **з невиясненими перспективами**, прояви та дрібні родовища яких відомі в Україні, проте їх масштаби не дозволяють припускати значних ресурсів, вони характеризуються низьким рівнем інвестиційної привабливості ( $< 50\%$ ), високими ризиками інвестиційних вкладень ( $> 50\%$ ), відсутністю конкуренції.

Таблиця 2

## Стратегічні корисні копалини України (Михайлов та ін., 2022)

Металічні корисні копалини	Неметалічні корисні копалини	Горючі корисні копалини
<b>Традиційні</b>		
Залізо Марганець Титан Уран	Каолін Піски формувальні Будівельне і облицювальне каміння Глина тугоплавка	Газ Нафта Конденсат Вугілля
<b>Високоперспективні</b>		
Рідкісні землі Цирконій і гафній Літій Скандій Германій	Графіт Солі калійні Абразивна сировина (гранат) Кварцова сировина Сировина п'єзооптична (п'єзокварц)	Метан вугільних родовищ
<b>Перспективні</b>		
Нікель Кобальт Хром Алюміній Мідь Тантал Ніобій Берилій Золото	Фосфорити Фосфатна руда (апатит) Плавииковий шпат (флюорит) Глауконіт Флюсові вапняки і доломіти Вапняки для цукрової промисловості Бентонітові глини Польовошпатовая сировина Каменебарвна сировина	Горючі сланці Торф Сланцевий газ Сланцева нафта Газ ущільнених порід- колекторів
<b>З невиясненими перспективами</b>		
Ванадій Свинець Цинк Вольфрам Молібден МПП Стронцій Магній Миш'як Рубідій і цезій	Барит Бор Давсоніт Бром і йод Мінеральні сорбенти (цеоліт, вермикуліт, палигорськіт) Високоглиноземиста сировина (силіманіт, дистен, андалузит) Алмаз Сировина для виробництва мінеральних фарб Фтор Сірка	Газогідрати

Що стосується таких критичних корисних копалин, які мають стратегічне значення для світової промисловості, як сурма, вісмут, індій, олово, торій, реній, телур, кремній металічний, гелій та ін., перспектив знахідки в Україні їх промислових скупчень немає, тому вони надалі не розглядаються.

Для оцінки інвестиційної привабливості конкретних об'єктів МСБ розроблена система критеріїв, яка включає наступні показники:

- 1) критичність сировини, її потреба на світовому ринку;
- 2) ступень геологічного і геолого-економічного вивчення родовища;
- 3) геолого-промисловий тип, складність геологічної будови;
- 4) розміри родовища, запаси і ресурси;
- 5) якість сировини (вміст корисних компонентів);
- 6) комплексність родовища, наявність супутніх корисних компонентів;
- 7) гірничотехнічні умови експлуатації;
- 8) технологічні особливості збагачення;
- 9) екологічні умови експлуатації родовища;
- 10) наявна інфраструктура.

Конкретні об'єкти МСБ України оцінювалися за наведеними критеріями, кожен з яких мав 10-бальну шкалу, тобто, загальна оцінка могла становити до 100 балів. Всього оцінено 114 родовищ і проявів стратегічної сировини, переважно з групи високоперспективних об'єктів (табл. 3).

Таблиця 3

Експертна оцінка інвестиційної привабливості об'єктів МСБ України

Вид сировини	Родовища (прояви)	Бали	Види сировини	Родовища	Бали
	2			5	
<i>Металічні корисні копалини</i>			<i>Неметалічні корисні копалини</i>		
Ti, Zr	Стремигородське (Ti+P2O5+Sc+V+F+каолін)	56	Каолін	Глуховецьке	74
	Федорівське (Ti+P2O5)	51		Турбівське	73
	Носачівське (Ti+P2O5+плагіосировина)	52		Великогадоминецьке	72
	Тарасівське (Ti+Zr+Sc+dis+sil+st)	75		Жежелівське	75
	Юрївсько-Козіївська (Ti+Zr)	64		Новоселицьке	44
	Біловодська (Ti+Zr)	53		Кіровоградське	43
	Корчаківська (Ti+Zr)	53		Пологівське	37
	Храпівщина (Ti+Zr)	53		Володимирівське	34
	Гайдарівська (Ti+Zr)	53		Мурзинське	55
	Малишевське (ПЗ ділянка) (Ti+Zr+dis+sil+st)	81	Облицювальне каміння	Сліпчицьке (лабрадорит)	76
	Вовчанське (Ti+Zr)	61		Головинське (лабрадорит)	76
	Краснокутське (Ti+Zr)	57		Омелянівське (граніт)	74
	Зеленоярське (Ti+Zr)	54		Лизницьке (граніт)	71
	Мокро-Ялинське (Ti+Zr)	44		Корнинське (граніт)	71
	Яструбецьке (Zr+TR)	47		Токівське (граніт)	73
TR	Новополтавське (TR+Nb+Ta+P2O5)	80		Капустянське (граніт)	73
	Анадольське (TR)	64		Великокамінецьке (мармур)	62
	Азовське (TR+ZR)	71		Великокужелівське (травертин)	40
	Балка Корабельна (TR)	52		Беретянське (туфи)	37
	Петрово-Гнутівський прояв (TR)	70	Глина тугоплавка	Часов-Ярське	82
	Мазурівське (TR+Zr+Ta+Nb)	79		Новорайське	78
	Успенівський (TR)	44		Веселівське	60
	Хашуватське (Fe+Mn+TR)	60		Пологівське	70
Li	Шевченківське (Li+Ta+Nb+Be+Q+слюда)	70	Графіт	Володимирівське	71
	Полохівське (Li)	65		Заваллівське (+гранат)	87
	Станкуватське (Li+Rb+Cz+Ta+Nb+Be+Sn)	74		Петрівське	63
	Крута Балка (Li+Ta+Nb+Cz+Rb)	59		Балахівське	68
Sc	Жовторіченське (Fe+U+V+Sc)	74		Буртинське (Хмельівська ділянка)	71
Ge	Вугілля Донбасу	86		Троїцьке	60
	Малобіганське	63		Маріупольське	51
Ni, Co	Тарнуватське (Ni+Co)	54	К солі	Стебницьке	69
	Девладівське (Ni+Co+Fe+вогнетривкі глини)	54		Калуш-Голинське	69
	Західно-Лашівська (Co+Ni)	48		Слобідське	76
	Сухохоторська (талк-магнетит+Ni+Co)	54		Іванівське	76
Cr	Капітанівське (Cr+Ni)	61		Лозненське	67
	Липовенківське (Cr+Ni+Co)	71		Гусарівське (+піски)	78

Al	Високопільське (боксити)	51	Кварцова сировина	Авдіївське	62
	Південнонікопольське (боксити)	46		Великоглібовецьке	70
	Біганське (алуніти+барит+Pb+Zn)	41		Ардівське (перліт)	67
Cu	Жиричі (Cu)	46	П'єзокварц	Волинське (+ каменебарвна сировина)	81
	Рафалівське (Cu)	37	Фосфорити	Ратнівське Поступельська ділянка	66
	Прутівський (Cu+Ni+Co)	41		Осиківське	61
	Железняки (Cu+Ni+Co)	44		Жванське	70
Be	Пержанське (Be)	59	Флюорит	Бахтинське	68
Au	Сергіївське (Au, Mo)	54		Покрово-Кириївське	63
	Балка Золота	48		Вищеолчедаєвський прояв	52
	Балка Широка	56		Центральний прояв	66
	Сурозьке	49		Яструбецький прояв	61
	Клинцівське	52		Бобринецький прояв	59
	Юріївське	52		Петрово-Гнутівський	55
	Майське	54		Замок	78
	Квітківська	42	Вапняки	Лисогірка	78
	Мужіївське	50	Бентоніт	Черкаське	80
	Берегівське	42		Кіштинське	57
	Сауляк	56	Глауконіт	Карачаївське	54
	Бобриківське	53		Жванське	69
	Михайлівський	37		Карпівське	51

Примітка: dis – дістен; sil – силіманіт; st – ставроліт

На основі експертної оцінки інвестиційної привабливості родовищ металічних та неметалічних корисних копалин України як найперспективніші виділені наступні об'єкти, які можуть розглядатися як першочергові для інвестування (оцінка в балах):

- **титан-цирконій:** Тарасівське родовище (75) і північно-західна ділянка Малишевського родовища (81);
- **рідкісні землі:** Новополтавське (80), Мазурівське (79), Азовське (71) родовища і Петрово-Гнутівський прояв (70);
- **літій:** Станкуватське (74) і Шевченківське (70) родовища;
- **скандій:** Жовторіченське родовище (74);
- **германій:** вугілля Донбасу (86);
- **хром, нікель, кобальт:** Липовенківське родовище (71);
- **каолін:** Жежелівське (75), Глуховецьке (74), Турбівське (73), Великогадоминецьке (72) родовища;
- **облицювальне каміння:** Сліпчицьке (76) і Головинське (76) родовища лабрадориту; Омелянівське (74), Токівське (73), Капустянське (73), Лизницьке (71) і Корнинське (71) родовища граніту;
- **тугоплавкі глини:** Часов-Ярське (82), Новорайське (78), Володимирівське (71), Пологівське (70) родовища;
- **графіт:** Завалівське (87), Буртинське (Хмелівська ділянка) (71) родовища;
- **гранат:** Слобідське (76), Іванівське (76) родовища;
- **кварцова сировина:** Гусарівське (78), Великоглібовецьке (70) родовища;
- **п'єзокварц:** Волинське родовище (з проявами каменебарвної сировини) (81);
- **фосфорити:** Жванське родовище (70);
- **вапняки для цукрової промисловості:** родовища Замок (78), Лисогірка (78);
- **бентоніт:** Черкаське родовище (80).

**Висновки.** Виділено чотири категорії стратегічних корисних копалин України з точки зору їх інвестиційної привабливості: традиційні (залізо, марганець, титан, уран, каолін, піски формувальні, будівельне і облицювальне каміння, глина тугоплавка); високopersпективні (рідкісні землі, цирконій і гафній, літій, скандій, германій, графіт, солі калійні, абразивна сировина (гранат), кварцова сировина, сировина п'єзооптична); перспективні (нікель, кобальт, хром, алюміній, мідь, тантал і ніобій, берилій, золото, фосфорити, апатит, плавиковий шпат, глауконіт, флюсові вапняки і доломіти, вапняки для цукрової промисловості, бентонітові глини, польовошпатована сировина, каменебарвна сировина); з невиясненими перспективами (ванадій,

свинець і цинк, вольфрам, молібден, платина і платиноїди, стронцій, магній, миш'як, рубідій, цезій, барит, бор, давсоніт, бром і йод, мінеральні сорбенти, високоглиноземиста сировина, алмаз, сировина для виробництва мінеральних фарб, фтор, сірка).

Як першочергові об'єкти інвестування в мінерально-сировинну базу України можна рекомендувати наступні види сировини: з металічних корисних копалин – родовища титану і цирконію, рідкісноземельних елементів, літію, скандію, германію, а з неметалічних – родовища каоліну, графіту, облицювального каміння, гранату, п'єзокварцу тощо.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гурський Д.С. (2008). Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин. Львів: ЗУКЦ. 192 с.

2. Михайлов В., Загнітко В., Курило М. (2017). Перспективи інвестицій в мінерально-сировинний комплекс України. Вісник КНУ. Геологія. № 1 (76). С. 47–51.

3. Михайлов В., Вижва С., Паюк С. (2022). Системний аналіз мінерально-сировинної бази стратегічних корисних копалин України. Вісник КНУ. Геологія. 2022. № 4. С. 36-44. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.99.05>

4. Михайлов В.А. (2023). Стратегічні корисні копалини України та їх інвестиційна привабливість: монографія. К.: ВПЦ «Київський університет». 371 с. [http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Stratehichni\\_Korysni\\_Kopalyny.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/Stratehichni_Korysni_Kopalyny.pdf)

5. Мінеральні ресурси України. Щорічник (2020). К.: ДВНП «Геоінформ України». 270 с. [http://geoinf.kiev.ua/M\\_R\\_2020.pdf](http://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf)

6. Проєкт Закону України від 26.10.2021 р. N 6227 «Про внесення змін до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. <https://ips.ligazakon.net/document/II06287I>

7. Проєкт Кодексу про надра (2021). /C:/Users/Пк/Desktop/Стратегічні%20руди/

8. Рудько Г.І. Бала Г.Р. (2021). Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. Мін. ресурси України. № 2. С. 3–14.

9. Mykhailov V.A., Hrinchenko O.V., Malyuk B.I. (2022). Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine. Geological Society, London, Special Publications. 2022-03-28 | Journal article. DOI: 10.1144/SP526-2021-133

10. World Mining Data (2023). Volume 38. C. Reichl, M. Schatz. Mineral Production. Vienna. 267 p. <https://world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2023.pdf>

## ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ В ТИТАНОВІ ОБ'ЄКТИ КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ПЛУТОНА

**Фалькович О.Л.<sup>1</sup>**, к. геол. н., *falkovich.oleksii@gmail.com*,

**Курило М.М.<sup>2</sup>**, д. геол. н., *marikurylo@meta.ua*,

1 – ТОВ «Геологічна сервісна компанія, ГСК», Київ, Україна,

2 – ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна

В Україні ендегенні родовища титанових і фосфатно-титанових руд виявлені на Коростенському і Корсунь-Новомиргородському плутонах. У межах Коростенського плутону це родовища: Стремигородське, Торчинське, Кропивнянське, Федорівське, Видибірське, Чеповичське, Давидківське та інші. На Корсунь-Новомиргородському плутоні, в результаті геолого-зйомочних і пошукових робіт, в габроїдах виявлені ільменітові та апатит-ільменітові рудопрояви з високим (до 40% і більше) вмістом  $\text{TiO}_2$ : Носачівський, Межирічський, Калинівський, Південно-Цвітковський, Волковський, Воронівський I і II, Цвітковський. Зацікавленість в подальшому вивченні цих об'єктів, як потенційних джерел титанової сировини, і доцільність проведення геологорозвідувальних робіт обумовлені, насамперед, гострою потребою в даній сировині. Існує дефіцит в кольоровій металургії та у хімічній промисловості (пігментний  $\text{TiO}_2$ ). На сьогодні вивченість титанових об'єктів Корсунь-Новомиргородського плутону незначна так один об'єкт на стадії видобування, один підготовлений до освоєння на умовах комерційного ризику по іншим об'єктам необхідні значні інвестиції в геологічне вивчення та складання хоча б Prefeasibility study та оцінки ресурсної бази за міжнародними стандартами. Пропонуємо на конкурсних засадах визначити компанію яка за приватні та інвестиційні кошти виконала б геологічне вивчення території Корсунь-Новомиргородського плутону за міжнародними стандартами та з пріоритетним правом подальшого освоєння визначених перспективних об'єктів.

## CURRENT STATE OF ORE DEPOSITS PREPARATION FOR INVESTMENT AND RECEIVING MONEY LOANS IN UKRAINE

**Falkovich O.<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Geol.), *falkovich.oleksii@gmail.com*,

**Kurylo M.<sup>2</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., *marikurylo@meta.ua*,

1 – «Geology service group GSG» LLC, Kiev, Ukraine,

2 - Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

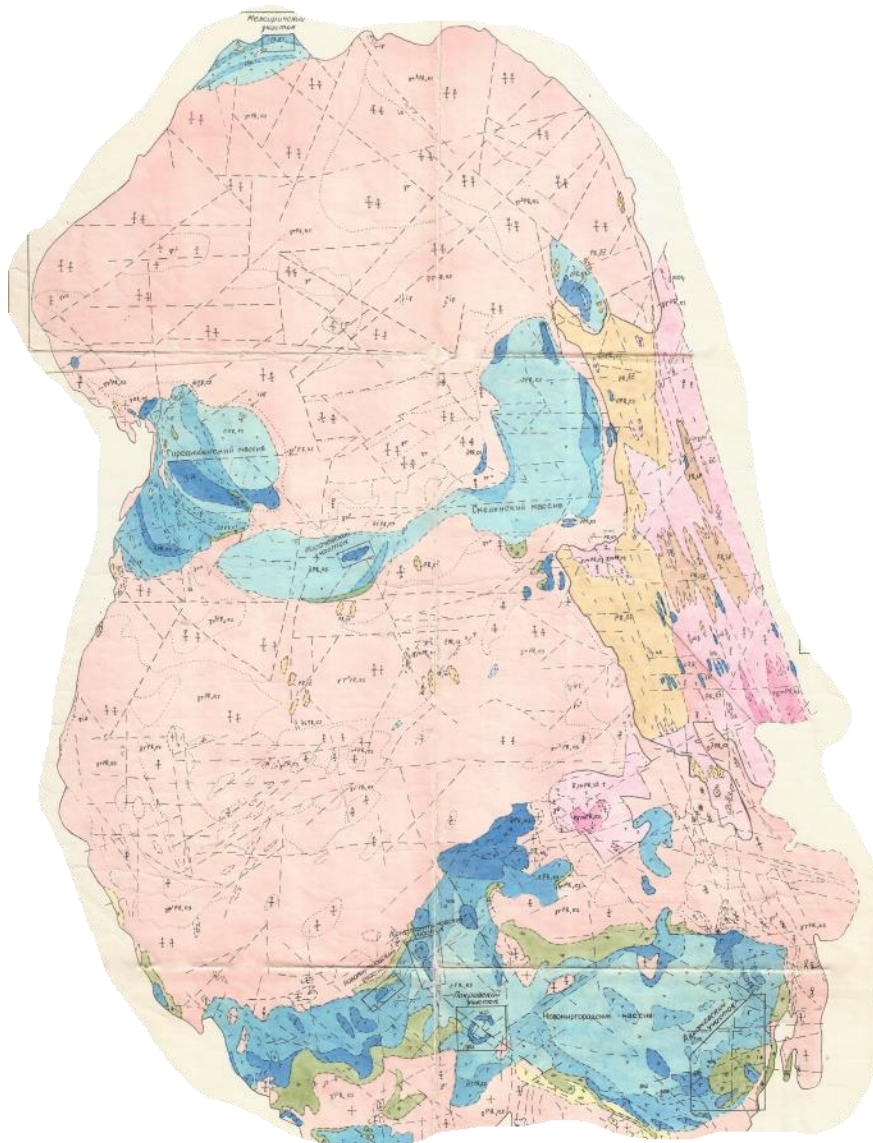
Endogenous deposits of titanium and phosphate-titanium ores, in the former USSR, are concentrated within the Dzhugdzhuro-Stanovo anorthosite belt, Ukrainian and Baltic shields. In Ukraine, they were discovered on the Korosten and Korsun-Novomyrhorod plutons. Within the boundaries of the Korosten pluton, these deposits are: Stremyhorodske, Torchynske, Kropyvnianske, Fedorivske, Vidybirske, Chepovychske, Davydkivske and others. On the Korsun-Novomyrhorod pluton, as a result of geological surveying and prospecting work, ilmenite and apatite-ilmenite ore occurrences with a high (up to 40% or more)  $\text{TiO}_2$  content were found in the gabroids: Nosachivskiy, Mezhyrichskiy, Kalinivskiy, Yuzhno-Tsvitkovskiy, Volkovskiy, Voronivskiy I and II, Tsvitkovskiy. Interest in the further study of these objects as potential sources of titanium raw materials and the expediency of carrying out geological exploration work are due, first of all, to the acute need for this raw material. There is a shortage in non-ferrous metallurgy and in the chemical industry (pigment  $\text{TiO}_2$ ). To date, the study of the titanium objects of the Korsun-Novomyrhorod pluton is insignificant, so one object is at the stage of extraction, one is prepared for development under conditions of commercial risk, for other objects, significant investments are needed in geological study and the preparation of at least a prefeasibility study and an assessment of the resource base according to international standards. We propose to determine on a competitive basis a company that, with private and investment funds, would carry out a geological study of the territory of the Korsun-Novomyrhorod pluton according to international standards and with the priority right of further development of the identified promising objects.

Найбільші у світі родовища багатих титанових і фосфатно-титанових руд пов'язані з породами габро-анортозитової формації. Як приклад, можна навести родовища Канадського щита: Лак-Тіо, Мангай, Іврі, Нейес та інші, із запасами в сотні мільйонів тон. Рудні тіла пов'язані із зонами розломів в анортозитах. Багаті руди, з вмістом до 75% ільменіту, різко контактують з вміщуючими катаклазованими анортозитами. Така ж закономірність характерна для Скандинаво-Балтійської титанорудної провінції, де більша частина багатих руд приурочена до вузлів зчленування великих тектонічних порушень.

В Україні ендегенні родовища титанових і фосфатно-титанових руд виявлені на Коростенському і Корсунь-Новомиргородському плутонах. У межах Коростенського плутону це

родовища: Стремигородське, Торчинське, Кропивнянське, Федорівське, Видибірське, Чеповичське, Давидківське та інші.

На Корсунь-Новомиргородському плутоні, в результаті геолого-зйомочних і пошукових робіт, в габроїдах виявлені ільменітові та апатит-ільменітові рудопрояви з високим (до 40% і більше) вмістом  $TiO_2$ : Носачівський, Межирічський, Калинівський, Південно-Цвітковський, Волковський, Воронівський I і II, Цвітковський.



**Рис.1** Геологічна будова Корсунь-Новомиргородського плутону

Зацікавленість в подальшому вивченні цих об'єктів, як потенційних джерел титанової сировини, і доцільність проведення геологорозвідувальних робіт обумовлені, насамперед, гострою потребою в даній сировині. Існує дефіцит в кольоровій металургії та у хімічній промисловості (пігментний  $TiO_2$ ).

Титан внесено до Переліку металічних руд та неметалічних корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави [2]. У затвердженому переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, що надаватимуться у користування шляхом проведення конкурсів на укладення угод про розподіл продукції [3] включено 5 титанових об'єктів, але з них лише 1 – Носачівське родовища – в межах Корсунь-Новомиргородського плутону.



У програмі розвитку мінерально-сировинної бази титан віднесено до категорії А, тобто видів мінеральної сировини, що інтенсивно видобуваються в Україні, характеризуються значними розвіданими запасами корисних копалин і компонентів та є предметом експорту або можуть розглядатися як такі з метою забезпечення в стислі строки валютних надходжень і надходжень до державного бюджету і рекомендованими заходами є: підготовка до промислового освоєння об'єктів комплексних циркон-титанових руд у межах Тарасівсько-Таращанської площі; проведення пошуково-розвідувальних робіт у межах Лихівської ділянки та Покрово-Київської структури (Дніпропетровська область); проведення пошукових і пошуково-оцінювальних робіт на перспективних об'єктах центрального та північно-західного регіонів України [1].

Міжнародна зацікавленість у титанових об'єктах, при чому на різних стадіях вивчення і освоєння, спричинена присутністю титану в переліках критичної мінеральної сировини в ЄС, США та інших розвинутих країн [7,9].

Розвиток видобутку титанової сировини в межах Коростенського плутону завдячує масованому геологічному вивченню розсіпних родовищ в його межах ще в минулому сторіччі за радянські часи. Але часи йдуть і запаси розсіпних родовищ Житомирщини вичерпуються.

Початок видобутку титанової сировини в межах Корсунь-Новомиргородського плутону припав на часи незалежної України – це одне з небагатьох гірничо-збагачувальних підприємств галузі побудованих з нуля за кошти приватних інвесторів (Бирзулівський ГЗК). На сьогодні вивченість титанових об'єктів Корсунь-Новомиргородського плутону незначна так один об'єкт на стадії видобування, один підготовлений до освоєння на умовах комерційного ризику по іншим об'єктам необхідні значні інвестиції в геологічне вивчення та складання хоча б Prefeasibility study та оцінки ресурсної бази за міжнародними стандартами.

Нижче наведена порівняльна табл. 1 вивченості та характерних особливостей Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів.

**Таблиця 1**

**Співставлення базових характеристик Коростенського і Корсунь-Новомиргородського плутонів**

№ з/п	Назва плутона	Кількість виявлених об'єктів титанової сировини	Характерні особливості
1	Коростенський плутон. Виконані спеціальні пошукові роботи на титанову сировину, попередня та детальна розвідка перспективних родовищ. Всі роботи виконані за часи СРСР.	32 родовища та рудопрояви. 3 з них розробляється 4 розсіпні родовища	Всі корінні родовища представлені ільменітом та титаномagnetитом. В розсіпних родовищах ільменіт сильно змінений (лейкоксенізований). В корах вивітрювання виявлення накопичення ільменіту в порівнянні з пісками. Слабо придатні для виробництва пігменту. Використовується для виробництва металевого титану.
2	Корсунь-Новомиргородський плутон Виконані геолого-зйомочні роботи та пошуки розсіпних родовищ в межах Новомиргородського масиву. За часи незалежності України приватними інвесторами виконані ГЕО – 1 та ГЕО – 2 на двох об'єктах, один сьогодні розробляється.	9 родовищ та рудопровів. Розробляється 1 розсіпне родовище	Корінні родовища мономінеральні (ільменітові) Ільменіт слабо змінений або зовсім не змінений. В корах вивітрювання відмічається менший вміст ільменіту в порівнянні з пісками. Ільменіт корінних родовищ є еталоном для виробництва пігменту.

В цьому році Європейський Банк Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) оприлюднив пріоритети своєї стратегії розвитку на 2024 – 2028 роки. Було чітко сформульовано про необхідність збільшення долі інвестицій на етапі розвідки матеріалів які мають визначальне значення для переходу до зеленої та цифрової економіки, а також критично важливої сировини. Титан є основою багатьох критично важливих сплавів для енергетики та цифрової економіки, а альтернативи титановому пігменту в виготовлені фарби поки нема. Для нашої Країни освоєння титанових родовищ та виготовлення титанового прокату це означає отримання металу для наших озброєнь. Залучення інвестиційних коштів на стадії геологічного вивчення в титанові об'єкти Корсунь-Новомиргородського плутону може бути дуже перспективним направленням розвитку титанової галузі України.

Корсунь-Новомиргородський плутон розташований серед палео-протерозойських гнейсів і сланців інгуло-інгулецької серії, гранітів і мігматитів кіровоградського комплексу. Площа плутону близько 6 000 км<sup>2</sup>, в тому числі площа анортозитових масивів – понад 1 200 км<sup>2</sup>. Анортозити залягають серед гранітів рапаківі Корсунь-Новомиргородського комплексу і лише на окремих ділянках контактують із вміщуючими кристалічними породами.

Глибинним сейсмічним зондуванням встановлена значна потужність плутону, що змінюється від 2-3 км у центральній частині до 5-6 км на периферії. Як і в Коростенському плутоні, анортозити залягають серед гранітів рапаківі у вигляді субгоризонтальних пластино подібних тіл, що переходять у крутопадаючі штокоподібні тіла, які розглядаються як підвідні канали основної магми.

Крім Смілянського, в складі Корсунь-Новомиргородського плутону виділяються Новомиргородський, Городищенський, Руськополянський, Межирічський анортозитові масиви, а також Корсунь-Шевченківський (північний) і Шполянський (південний), масиви гранітів рапаківі (Воробей А.І. та ін., 1984 р.). На прикладі Смілянського масиву можна стверджувати, що нижня межа основних порід, за даними глибинного сейсмічного зондування, фіксується на глибині близько 4 км.

Характер гравімагнітного поля свідчить про неглибоке залягання основних порід над гранітоїдами Корсунь-Новомиргородського комплексу на південь від Смілянського масиву і дозволяє припустити значне збільшення розмірів масиву з глибиною.

На прикладі найбільш вивченого Носачівського об'єкту можна характеризувати титанові руди Корсунь-Новомиргородського плутону як високотехнологічні руди високої якості. За результатами технологічних досліджень руди високотехнологічні, ільменіт в них слабозмінений, практично не містить хрому, фосфору, магнію, магнетиту, титаномagnetиту та інших шкідливих домішок. Одержані з руд «...ільменітові концентрати Носачівського родовища за своєю природою є унікальною сировиною для виробництва пігментного двоокису титану сірчаноокислотним способом і, в даний час, за всіма показниками можуть служити еталоном якості титановмісної сировини».

Так руди Корсунь-Новомиргородського плутону не містять титаномagnetиту, тобто вся двоокис титану сконцентрована в одному рудному мінералі – ільменіті, що значно спрощує процес збагачення. Практично скрізь простежується тенденція зворотно пропорційної залежності між двоокисом титану та п'яти окисом фосфору, що дозволяє корегування процесу видобутку різного типу руд в залежності від кон'юнктури ринку. З руди Корсунь-Новомиргородського плутону можливо отримувати високоякісний пігмент, який є дефіцитною сировиною на міжнародному ринку.

Що ми маємо сьогодні по вивченості об'єктів Корсунь – Новомиргородського плутону.

Згідно міжнародних стандартів всі гірничо-рудні об'єкти повинні бути підготовлені відповідно до стадії вивченості, яка виражається в звітах підготовленості об'єктів до видобування, а саме scoping, prefeasibility та feasibility study. Кожна стадія включає в себе певний перелік необхідних даних по об'єкту, але в першу чергу це оцінка достовірності первинних геологічних даних QA-QC (електронний архів первинної геологічної документації, наявність керна матеріалу, залишків та дублікатів проб, бази даних з координатами проб в міжнародній системі). Нажаль, на сьогодні практично відсутня частина первинної інформації по

більшості рудних об'єктів. Причини цього різні і на сьогодні не актуальні, але даний факт примушує потенційних надрокористувачів до значних витрат для підтвердження достовірності геологічних даних отриманих в радянські часи.

Пропонуємо на конкурсних засадах визначити компанію яка за приватні та інвестиційні кошти виконала б геологічне вивчення території Корсунь-Новомиргородського плутону за міжнародними стандартами та з пріоритетним правом подальшого освоєння визначених перспективних об'єктів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Закон України Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text>

2. Перелік металічних руд та неметалічних корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави// <https://www.president.gov.ua/documents/3062021-39457>

3. Постанова КМУ від 14 лютого 2023 р. № 132 Про затвердження переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, що надаватимуться у користування шляхом проведення конкурсів на укладення угод про розподіл продукції// <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-pereliku-dilianok-nadr-rodovyshch-korysnykh-kopalyn-iaki-maiut-stratehichne-t140223>

4. Рудько Г.І. та ін. Національні та міжнародні системи класифікацій запасів та ресурсів корисних копалин: Стан та перспективи гармонізації. Київ – 2012.

5. Фалькович О.Л. Локалізація багатих апатит-ільменітових руд в межах Корсунь-Новомиргородського плутону на прикладі Носачівського родовища / О.Л. Фалькович, І.В. Волобаєв, І.В. Батов // Коренные и россыпные месторождения алмазов и важнейших металлов: межд. научно-практ. конф., 15-21 сент. 2008г.: тезисы докл. - Симферополь, 2008. - С.175 - 178.

6. Фалькович О.Л. Деякі аспекти геолого-економічної оцінки родовищ металічних корисних копалин на різних стадіях вивченості. Київ – 2018.

7. Critical raw materials// [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)

8. European Bank for Reconstruction and Development «mining strategy for 2024-2028» draft mining rus. 2023.

9. The 50 Minerals Critical to U.S. Security <https://www.visualcapitalist.com/the-50-minerals-critical-to-u-s-security/>

## **ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ЕОЦЕНОВИХ УТВОРЕНЬ МЕЖИРІЧЧЯ ДНІСТЕР-СТРИЙ (СКИБОВИЙ ПОКРИВ, УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

*Генералова Л.В., к. геол.н. доцент, larysa.heneralova@lnu.edu.ua,*

*Хом'як Л.М., к. геол.н. доцент, leonid.khomyak@lnu.edu.ua,*

*Генералов А.В., аспірант, avheneralov@ukr.net,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна*

Розглянуто середньо-верхньоеоценові хаотичні утворення як фаціальний аналог «бориславського пісковика». Такий підхід розширює перспективи досліджень еоценового продуктивного горизонту у фронтальних скибах Скибового покриву межиріччя Дністер-Стрий. Урахування структурних та фаціальних рис потенційно нафтоносних ділянок відкриє нові перспективи щодо виявлення проявів вуглеводнів.

## **PROSPECTS OF THE OIL AND GAS POTENTIAL OF THE EOCENE FORMATIONS OF THE DNISTER-STRYI INTERFLUVE (SKYBA NAPPE, UKRAINIAN CARPATHIANS)**

*Heneralova L., PhD (Geol.) Assoc. Prof., larysa.heneralova@lnu.edu.ua,*

*Khomyak L., PhD (Geol.) Assoc. Prof., leonid.khomyak@lnu.edu.ua,*

*Heneralov A., postgraduate, avheneralov@ukr.net,*

*Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine*

Middle-Upper Eocene chaotic formations were considered as a facies analogue of the "Borisлав sandstone". Such an approach expands the prospects of researching the Eocene productive horizon in the frontal skyba's of the Skibova nappe in the Dniester-Stryi interfluvium. Taking into account the structural and facies features of potentially oil-bearing areas will open new prospects for the detection of hydrocarbon manifestations.

**Вступ.** Нові підходи до вивчення речовинних і структурних особливостей складчасто-покровних систем та їх окремих елементів відкривають нові перспективи щодо корисних копалин. Скибовий покрив – велика тектонічна одиниця, яка локалізована на північно-східному схилі Українських Карпат. Структурні парагенезиси тектонічних пластин (скиб) покриву мають субкарпатське простягання та насування одна на одну до північного сходу. Насувні системи супроводжувалися формуванням дуплексів, в будові яких виокремлюються антиформні (антиклінальні) структури, які належать різними скибам (та лускам). До антиклінальних структур фронтальних насувах (Орівській та Береговій) Скибового покриву приурочені нафтогазоконденсатні родовища. В межиріччі Дністер-Стрий в будові стратиграфічного розрізу фронтальних скиб беруть участь такі стратони (знизу догори): верхньокрейдово-ранньопалеоценова стрийська світа, середньопалеоцен-еоценові яменська, манявська, вигодська (витвицька), бистрицька й попільська світи та олігоцен-нижньоміоценова менілітова світа. За літодинамічними (фаціальними) ознаками стратони належать до флішових утворень.

**Аналіз попередніх досліджень.** Дослідники кінця ХХ сторіччя розглядають умови формування флішу з використанням декількох гіпотез, серед яких домінують осциляційна і турбідитна. Сучасні уявлення паралелізують давні флішові утворення з теригенними осадами приконтинентальних позашельфових океанічних глибоководних областей [3, 5] Їх називають глибоководними відкладами або відкладами турбідитних систем. Ці відклади формуються за різноманітнісних гравітаційних і гідродинамічних процесів, ознаки яких зустрічаються при детальних польових дослідженнях Скибового покриву. У зв'язку з цим, незважаючи на зростаючу кількість праць, які розглядають риси будови і генезис стратиграфічних одиниць покриву, залишилися питання, які потребують уточнення.

**Метою** дослідження є встановлення фаціальної (літодинамічної) належності комплексу осадових порід середнього-верхнього еоцену попільської світи Орівської та Берегової скиб Скибового покриву в межиріччі Дністер-Стрий.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Матеріалами дослідження слугували оригінальні польові спостереження та власноруч відібрані зразки на природніх відслоненнях в

межиріччі Дністер-Стрий. Враховувались дані попередніх геологічних робіт. Літостратиграфічні підрозділи у районі досліджень виділені у відповідності до геологічних карт і стратиграфічних схем. Використано методику седиментологічного аналізу. Виявлені структурно-текстурні риси порід порівнювались з діагностичними ознаками літодинамічних типів осадових приконтинентальних океанічних геодинамічних обстановок [1, 3, 5].

**Отримані результати, їх обговорення.** Виконані дослідження дали змогу уточнити структурні елементи Орівської скиби та конкретизувати фаціальні типи попеліської світи в долині р. Опір. Корінні виходи еоценових попеліських порід відслонені на окремих ділянках русла р. Опір та в її першій надзаплавній терасі ерозійного типу в 2 км вверх, від лабораторії еколого-геологічних досліджень у смт Верхнє Синьовиднє. Південно-західне орієнтування долини та русла річки вздовж простягання верств осадових літостратонів Орівської скиби Скибового покриву обумовило розкриття ерозійними процесами вузької за стратиграфічним охопленням частини розрізу відкладів. Воно значуще у структурному сенсі, тому що приурочене до ядра Побукської антикліналі. Антикліналь виступає у формі видимої від дороги коробчастої структури в крутому урвищі правого берега р. Опору близько 3 км на південний захід від його впадіння в р. Стрий. Вздовж ріки перетин складки простежується на північний схід на відстані понад 2 км. Загальна висота складки від зрізу ріки становить близько 200 м (390–590 м) при висоті самого урвища понад 150 м в центральній частині.

При детальному обстеженні перших надзаплавних ерозійних терас р. Опір встановлено, що тут проходить границя між менілітовою і попеліською світами, яка маркується виходами сірих мергелів шешорського горизонту (з пізньоеоценовими планктонними форамініферами). Для попеліської світи характерні попелясто-сірі барви неясношаруватих мергелів, вапняків та аргілітів на звітрілій поверхні та коричнювато-сірі на свіжому сколі. У відслоненнях, які обстежувались, виявлені хаотичні пудингові текстури з розсіяними кластолітами (дрібними уламками і олістолітами) різного розміру (від перших сантиметрів до декількох (3–7) метрів), ступеня обточеності і складу порід. Серед порід олістолітів діагностовані жовтувато-сірі пористі пісковики, органогенні (зокрема, “шрамберзької” фації з фауною титон-беріасу) й хемогенні вапняки, зелені й лілові філіти, поліміктові дрібновалунні конгломерати. Особливу увагу привернули необточені олістоліти, що представляють фрагменти тонкоритмічного зеленкувато-сірого флішу середньо-верхньоеоценової бистрицької світи. Матриksom для олістолітів слугує поганосортований, суттєво карбонатно-глинистий алевропелітовий матеріал іноді з тонкоритмічною ритмічною флішоїдною шаруватістю. Він обволікає олістоліти зверху, а в середній частині контакту характеризується утканням шарів матриксу. В підшві деяких олістолітів у суттєво карбонатно-глинистому матриксі спостерігались елементами колобкових та “снігової кулі” текстур. При латеральному обстеженні, вниз за течією р. Опір, виявлені розвинені у матриксі підводно-осувні складки. Вони за класифікацією щодо положення осьової поверхні складок є асиметричними, нахиленими, перекинутими, лежачими, іноді пірнаючими, що дає підстави віднести їх до дисгармонійних структур. У складках визначено елементи палеоосування за азимутом 230–240 °(?) та кутом 10–15 градусів. За класифікацією складок щодо об’ємної морфології їхніх замків вони віднесені до циліндричних, за класифікацією складок щодо характеру зміни потужності шарів в ядрі та на крилах складки є переважно концентричними. Потужність шарів з осувними текстурами коливається від перших десятків сантиметрів до одного метру. Вони мають ерозійні контакти з підстильними комплексами порід стратону, які іноді містять лінзи відкладів дебритів або поодинокі напівобточені середньопсефітові уламками. Дебритам властиві хаотичні і неясношаруваті текстури з включеннями уламків різного розміру у алевроглинистому матриксі.

З огляду на описану геологічну ситуацію відклади в руслі та фрагментах бортів ерозійних терас р. Опір відклади є хаотичними утвореннями, які сформувалися, головню, завдяки гравітаційним переміщенням в підводних умовах грязекам’яними потоками та осувами, і є олістостромою [1, 3, 5]. Вони розташовані стратиграфічно нижче першого кременевого горизонту олігоцену (менілітової світи) й, відповідно, належать пізньоеоценовій ланці розрізу Орівської скиби.

В аналогічних відкладах на суміжних територіях проведене палеонтологічне вивчення пелітових утворень [2, 4]. За результатами діагностування в пелагічних карбонатно-глинистих породах знайдено дві асоціації решток планктонних форамініфер. Одна асоціація представлена середньоеоценовими аглютинованими форамініферами автохтонних фацій батіальної зони. Друга асоціація форамініфер містить як середньоеоценові форми, так і пізньокрейдові планктонні форамініфери та кальцитовий бентос. Крейдові форамініфери, на думку дослідників, були перевідкладені з шельфу в глибші частини Зовнішньокарпатського басейну [2, 4].

Вздовж р. Тисмениця в районі м. Борислав вивчено розріз Берегової скиби Скибового покриву, який представлений верхньокрейдово-еоценовими утвореннями стрийської, ямненської, манявської, витвицької, бистрицької та попельської світ. Проведені нами та іншими дослідниками (Гнилко, 2016) ретельні роботи дали змогу діагностувати у попельській світі комплекс хаотичних утворень, які за літодинамічними (фаціальними) ознаками відповідають олістостромі та дебритах. Вони за особливостями будови та віку ідентичні тим, які вивчені в басейні р. Опір.

**Наукова новизна** проведених досліджень полягає в уточненні літодинамічного та стратиграфічного розчленування відкладів розрізів еоцену Скибового покриву і меж поширення олістостромової фації попельської світи (так званого продуктивного горизонту «бориславський пісковик» Бориславського нафтогазоконденсатне родовища).

**Практична значимість** дослідження спрямите вивченню середньо-верхньоеоценових олістостромових утворень у розрізах фронтальних скиб Скибового покриву. Удосконалення методів вивчення середньо-верхньоеоценових утворень попельської світи («бориславського пісковика») розширить потенційні перспективи колекторів на вуглеводні Бориславського нафтогазоконденсатне родовища, ділянки Мразниця цього родовища та низки нафтопроявів в межах річки Стрий–Опір.

**Висновки.** Розгляд середньо-верхньоеоценових хаотичних утворень як фаціальної (літодинамічної) відміни «бориславського пісковика» розширює перспективи досліджень продуктивного на вуглеводні горизонту у фронтальних скиб Скибової зони межиріччя Дністер–Стрий. Структурними роботами з'ясовано, що ці утворення приймають участь в будові антиклінальних складок локальних скиб (дуплексів). Урахування особливостей структурної будови потенційно нафтоносних ділянок та структурно-текстурних і речовинних рис імовірних колекторів відкриє нові перспективи щодо виявлення проявів вуглеводнів та прогнозування геологорозвідувальних робіт.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гнилко О. М. [2011]. Принципи виділення, характерні особливості, типізація та походження олістостром і меланжів Українських Карпат // Вісник Львів. ун-ту. – Сер. геол. – Вип. 25. – С. 20–35.
2. Гнилко О., Гнилко С., Кулянда М., Марченко Р. [2021] Тектоно-седиментаційна еволюція передової частини насувної споруди Українських Карпат. Геологія і геохімія горючих копалин. – №1–2 (183–184). – С. 45–59.
3. Обстановки осадконакопления и фации: в 2 т. Т. 2: пер. с англ. / под ред. Х. Рединга. [1990] М. : Мир, – 384 с.
4. Hlylko, S., Waskowska, A., Vashchenko, V., Koval-Kasprysyk J., Golonka J., Slomka T. [2018] The micropaleontological record of the Popiele Formation mass movement deposits (Outer Carpatians) – preliminary data. 19<sup>th</sup> Czech-Slovak-Polish Paleontological Conference and MIKRO 2018 workshop – West Bohemian Museum in Pilsen, Special.Vol. – P. 30.
5. Einsele G. Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget [1992] Berlin : Springer–Verlag, – 615 p.



## ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ КАР'ЄРІВ З ВИДОБУТКУ ЯМПІЛЬСЬКИХ ПІСКОВИКІВ У МЕЖАХ МОГИЛІВ-ПОДІЛЬСЬКОГО ПРИДНІСТРОВ'Я

*Нестеровський В.А.<sup>1</sup>, д. геол. н., професор, v.nesterovski@ukr.net,*

*Деревська К.І.<sup>2</sup>, д. геол. н., професор, zimkakatya@gmail.com,*

*Руденко К.В.<sup>3</sup>, к. геол. н., ст. дослідник, rudenkokseniav@gmail.com,*

*Спиця Р.О.<sup>4</sup>, к. геог. н., с. н. с., spytsyaroman@ukr.net,*

*1 – Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна,*

*2 – Національний університет «Києво-Могилянська академія»,*

*Національний науково-природничий музей НАН України, Київ, Україна,*

*3 – Національний науково-природничий музей НАН України, Київ, Україна,*

*4 – Інститут географії НАН України, Київ, Україна*

Анотація. Метою даної роботи стало проведення інвентаризації та моніторингу родовищ пісковиків пізнього протерозою в межах Могилів-Подільського Придністров'я з метою аналізу стану сировинної бази будівельних матеріалів для післявоєнної відбудови України. Ямпільські пісковики є домінуючими у даному регіоні і мали значний попит як в межах території вивчення так і в сусідніх країнах до 20 рр. ХХІ ст. Робота виконана колективом авторів під час дослідження даної території у період 2019-2022 рр. в рамках науково-дослідних проєктів. Кар'єри з видобутку ямпільського пісковика при упорядкуванні та систематизації видобутку, матимуть важливе значення при вирішенні питання стосовно нарощування ресурсної бази будівельних матеріалів України; активного використання у післявоєнній відбудові; занятості населення даного регіону.

## INVENTORY OF YAMPIL SANDSTONE'S QUARRIES WITHIN THE MOHYLYV-PODILIAN TRANSDNISTER REGION

*Nesterovskiy V.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Professor, v.nesterovski@ukr.net,*

*Derevska K.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Professor, zimkakatya@gmail.com,*

*Rudenko K.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, rudenkokseniav@gmail.com,*

*Spytsia R.<sup>4</sup>, Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, spytsyaroman@ukr.net,*

*1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – National University of Kyiv-Mohyla Academy,*

*National Museum of Natural History at the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*3 – National Museum of Natural History at the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*4 – Institute of Geography at the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Abstract. This work aimed to carry out an inventory and monitoring of Late Proterozoic sandstone deposits within the boundaries of the Mohylyv-Podilian Transdnister region to analyze the state of construction materials for the post-war reconstruction of Ukraine. Yampil sandstones are dominant in this region and were in significant demand in the region and neighbouring countries until the 20s of the 21st century. A team of authors performed the work during the study of this territory in 2019-2022 within the framework of research projects. Quarries for the extraction of Yampil sandstone in order and systematization of extraction will be important in solving the issue of increasing the resource base of construction materials of Ukraine, active use in post-war reconstruction, and employment of the population of this region.

**Актуальність.** На сьогодні для нашої країни важливим і актуальним є підготовка ресурсної бази будівельних матеріалів та її адаптація для швидкого використання у післявоєнний час. Така база має бути доступною задля видобутку без суттєвих капіталовкладень і складної логістики. В зв'язку з цим є необхідність задіяти ресурси будівельних матеріалів, які раніше не були на державному обліку, мали місцеве значення і розроблялися для потреб територіальних громад, фермерських асоціацій тощо. В межах південно-західної окраїни Українського щита (УЩ) є багато такого типу родовищ, але більшість з них нині не розробляється за різних причин. Це стосується в першу чергу покладів піску, глини, мергелів, алебастру, гіпсу, вапняків, пісковиків, бутового каменю тощо.

Метою даної публікації є презентація проведеної інвентаризації родовищ пісковиків пізнього протерозою в межах Середнього Придністров'я, які є домінуючими у регіоні і мали значний попит, як в Україні, так і в сусідніх з Україною Молдовою, Румунією та ін. Робота виконана колективом авторів при дослідженні даної території у період 2019-2022 рр. в рамках науково-дослідних проєктів: «Геологічне розмаїття Волино-Подільської плити і збереження геологічної спадщини», «Системний аналіз стану басейну малих річок України», «Едіакарська

біота та особливості літогенезу на межі неопротерозою і палеозою».

Інвентаризація покладів ямпільських пісковиків едіакарію проводилась у межах Могилів-Подільського Придністров'я з метою аналізу ринку будівельних матеріалів для післявоєнної відбудови території країни. Необхідну геологічну інформацію про пісковики цього віку можна знайти у звітах, дисертаціях та наукових публікаціях, що присвячені питанням мінерагенії регіону. Частина інформації про видобуток і кар'єри згадується у виробничих звітах та публікаціях у зв'язку з пошуками барит-флюорит-поліметалевої мінералізації і в публікаціях, присвячених стратиграфії венду і геологічним пам'яткам регіону [9].

**Основні результати.** Польові дослідження і моніторинг проводилися в межах південно-західного схилу УЩ, смугою шириною 12-30 км і довжиною близько 60 км вздовж долини Дністра від с. Бернашівка (р. Жван), до с. Велика Косниця, загальною площею близько 204 км<sup>2</sup>.

Геологічна будова даного району визначається наявністю двох структурних поверхів – протерозойським кристалічним фундаментом і осадовим платформним чохлам [4]. Кристалічний фундамент складено магматичними утвореннями нижнього протерозою і в межах даної території представлений породами бердичівського магматичного комплексу, у складі якого переважають чудново-бердичівські граніти і мігматити, а також поширені вінніцити і чарнокіти. Між кристалічним фундаментом і відкладами осадового чохла спостерігається кутова і стратиграфічна незгідність.

В найповніших розрізах на кристалічному фундаменті залягає базальний горизонт грушківської світи волинської серії. Вони презентовані червоноколірними осадовими відкладами потужністю до 20 м. В її нижній частині розташовані конгломерати або осадові брекчії на піщано-глинистому цементі. На відкладах волинської серії залягають породи моголів-подільської та канилівської серій едіакарію, які на даній території не утворюють послідовного вертикального розрізу. Знизу догори на різних ділянках території спостерігаються відслонення моголів-подільської серії, що представлені переважно теригенними відкладами ольчедаївської, ломозівської, ямпільської, лядівської верств моголівської світи. На них з перервою і розмивом залягають відклади яришівської світи, що вирізняються присутністю в них пірокластичного матеріалу (туфо аргілітів і кременистих пелітових туфів), які фаціально переходить у відклади нагорянської світи.

В повних розрізах едіакарію на відкладах моголів-подільської серії незгідно залягають породи канилівської серії. Проте на більшій частині території розріз едіакарію неповний, відклади знищені ерозією і на їх розмитій поверхні залягають утворення крейди та кайнозою загальною потужністю до 100 м [8].

Пісковики, які аналізуються у даній роботі, належать до ямпільських відкладів моголівської світи моголів-подільської серії і у повному розрізі підстеляються піщано-глинистими породами ломозівських верств, зверху перекриваються темно-бурими аргілітами лядівських верств. У найбільш повних розрізах потужність відкладів ямпільських верств сягає понад 30-35 м.

Ямпільські верстви складаються з прибережно-морських фацій кварцових пісковиків білого та жовтого кольору, що в південно-східній частині Моголів-Подільського району без помітного розмиву залягають на ольчедаївських верствах, утворюючи одну потужну псамітову пачку.

**Ямпільські пісковики у складі геологічних пам'яток природи Вінницької області.** Територія Моголів-Подільського Придністров'я багата на геологічні пам'ятки, оскільки тут найкраще відслонюються породи едіакарію, що зберігають фауну і доступні комплексним дослідженням. Серед них фундаментальне значення мають геологічні пам'ятки стратиграфічного класу, що мають статус стратотипічних розрізів.

Одним з найпредставницьких відслонень ямпільських верств у межах лівобережного Придністров'я вважається стратотип ямпільських верств у с. Пороги Моголів-Подільського району. Тут поклади ямпільських пісковиків виявлені у періодично діючому кар'єрі площею 8 га, де видобувають блочний і бутовий камінь. Висота його стінок сягає 20 м. У складі ямпільських верств виділяються (зверху вниз): 1) косошаруваті світло-сірі поліміктові гравеліти потужністю

1,8 м; 2) світло-сірі дрібнозернисті пісковики потужністю 3,0 м; 3) косошаруваті жовто-сірі гравеліти з галькою потужністю 0,3 м; 4) світло-сірі алевритисті дрібнозернисті пісковики з прошарками гравеліту потужністю 5,5 м; 5) косошаруваті гравеліти потужністю 0,2 м. У пісковиках зустрічаються озалізнені відбитки едіакарієвої фауни розміром до 2-3 см [1, 3].

Відслонення ломозівських та ямпільських верств встановлені між сс. Немія і Озаринці Могилів-Подільський р-ну. Їх виходи фіксуються в стінках і днищі каньйону р. Немія на відрізку завдовжки 2,6 км, а також в невеликих кар'єрах, де вони залягають на породах фундаменту. У долині відслонюються (знизу догори): 1) граніти червоні біотитові крупнозернисті, рідше мігматити потужністю 3-5 м; 2) кора вивітрювання каолінит-гідрослюди, нерівномірно ущільнена потужністю 0,3-0,7 м; 3) ломозівські верстви (тонкозернисті пісковики, сірі алевроліти, косошаруваті, горизонтально-тонкошаруваті потужністю 2,0 м; 4) ямпільські верстви (пісковики сірі, польовошпат-кварцові), потужністю 3,0 м [3].

**Мінералого-петрографічні особливості ямпільських пісковиків.** Типовий ямпільський пісковик є середньо-дрібнозернистою, горизонтально шаруватою породою, головними породоутворювальними мінералами якої виступають (у %): кварц (65-80), польові шпати (15-40), біотит (3-5), а також вторинні та акцесорні мінерали (табл. 1).

**Таблиця 1**

**Мінеральний склад ямпільських пісковиків Ямпільського та Порогівського родовищ, Вінницька обл. (дані за паспортом родовищ)**

Назва породи	Головні мінерали	Вміст, %	Другорядні мінерали
Пісковик	КПШ	15- 25	Турмалін, графіт, біотит мусковіт, сфен, циркон, монацит
	Кварц	70-85	
	Плагіоклаз	2-5	
Пісковик різнозернистий	Біотит	3 -5	Турмалін, циркон, гранат, графіт, мусковіт
	КПШ	20	
	Кварц	70-90	

Породи каолінізовані та фрагментарно карбонатизовані [4]. Цемент пісковиків карбонатно-глинистий (кальцит, каолін, дикіт), в ньому визначається вторинні флюорит, гідрослюди, сульфіді (пірит, галеніт, сфалерит). Текстура грубо шарувата, обумовлена зміною зернистості та мінерального складу. Завдяки цьому порода має плитчасту окремість (товщина таких плит при розробці становить 3-7 см). Хімічний склад ямпільських пісковиків та їх фізико-механічні властивості показано нижче у таблицях (табл. 2, 3).

**Видобуток та використання ямпільських пісковиків.** Корисною копалиною виступає світлий, жовтий пісковик, рівномірно зернистий тонко плитчастий, представлений двома різновидами, які утворюють пластоподібні тіла, що залягають горизонтально з витриманою якістю та відносно витриманою потужністю (дрібнозернисті та перекриваючі їх різнозернисті пісковики). Такий пісковик є будівельним каменем широкого спектру використання – облицювальне та декоративне каміння (плитка, плитняк, соломка, бруківка, бут тощо), сировина для будівельних розчинів, цегляно-черепична та баластна сировина тощо.

Найбільша активність видобутку пісковиків припадає на 60-ті рр. ХХ ст., а вже у 70-х р. ХХ ст. більшість видобувних підприємств суттєво скоротили розробку, а деякі і припинили повністю. У теперішній час більшість родовищ не розробляється, вони захаращені, їх локації визначаються лише за фрагментами стінок кар'єрів, відвалів та під'їзними дорогами (рис. 1).

Таблиця 2

Середній хімічний склад ямпільських пісковиків, Вінницька обл. (дані з паспортів Ямпільського, Порогівського, Русавського, Червоний берег родовищ)

Оксиди	Вміст, %
SiO <sub>2</sub>	71,30 – 86,30
TiO <sub>2</sub>	0,40– 0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,06 – 12,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20 – 0,45
FeO	0,07 – 0,24
CaO	0,56 – 11,10
MgO	0,35
Na <sub>2</sub> O	1,17 – 3,02
K <sub>2</sub> O	1,96 – 3,47
SO <sub>3</sub>	0,01 – 0,20
В. п. п.	0,56 – 8,82

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості ямпільського пісковика Ямпільського родовища, Вінницька обл. (дані за паспортом родовища)

Корисна копалина	Властивості, одиниці виміру	Показники	
		від	до
Пісковик	Водопоглинання, %	2,72	9,51
	Межа міцності при стисканні у водонасиченому стані, кг/кв, см	296,0	613,0
	Межа міцності при стисканні у повітряно-сухому стані, кг/кв, см	319,0	800,0
	Межа міцності при стисканні після заморожування, кг/кв, см	301,0	612,0
	Коефіцієнт морозостійкості	0,55	0,98
	Коефіцієнт розм'якшення	0,66	0,98
	Маса об'ємна, г/куб, см	2,05	2,46
	Пористість істинна, %	9,80	26,80
	Щільність, г/куб, см	2,59	2,7



Ямпільський кар'єр, с. окраїна м. Ямпіль



Залишки кар'єру поблизу с. Сказинці



Кар'єр з відвалами пісковика поблизу с. Озаряни, р. Немія



Стінка старого кар'єру на р. Немія

**Рис. 1. Фрагменти кар'єрів видобутку ямпільського пісковика у Могилів-Подільському Придністров'ї**

Ямпільський пісковик видобували переважно кустарним способом. Традиційно їх використовували для декоративного оздоблення будинків, будівництва доріжок, парканів ландшафтного дизайну тощо. Місцеві жителі будували з них мури і брами. Декоративні якості пісковика визначаються рельєфом природної форми поверхні сколювання, кольором і високою стійкістю до зовнішнього середовища.

В цих пісковиках знайдено чисельні відбитки різноманітної фауни едіакарського типу, що робить такі пісковики унікальними і, відповідно збільшують їх вартість. Зразки з едіакарською біотою є предметом колекціонування у всьому світі [2, 5, 6, 7]. За умов неконтрольованої і несанкціонованої розробки утворюється велика кількість некондиційної сировини, яка складається у відвали, накопичується на схилах ярів, виповнює зниження рельєфу, річкові долини і русла, засмічуючи навколишнє середовище.

За результатами інвентаризації на лівобережжі Середнього Придністров'я нами встановлено 34 ділянки, де видобувалися пісковики ямпільських верств могилівської світи. Вони мають різну ступінь освоєння і об'єму. За геологічними умовами та якістю корисної копалини родовища ямпільських пісковиків відносяться до 1 групи (родовища не складної геологічної будови). З них в межах Могилів-Подільського Придністров'я на сьогодні мають ліцензію на видобуток 8 родовищ (за даними паспортів): Ямпільське (2032 р.), Порогівське (с. Франківка, 2039 р.), Порогівське (2024 р.), Русавське (2029 р.), Писарівське (2029 р.), Бандишівське (2032 р.), Озаринське (2024 р.), Букатинське (2024 р.). Два родовища втратили дозвіл, а ліцензії було анульовано: Червоний берег (ліцензія до 2028 р.) Могильов-Подільське (ліцензія до 2024 р.).

Інші родовища розробляються не офіційно, спорадично, кустарним способом місцевими жителями і старателями. Їх об'єми видобутку порахувати важкою. За їх популярністю та попитом можна стежити виключно за пропозиціями на ринку.

**Висновки.** Ямпільські пісковики при упорядкуванні та систематизації їх видобутку можуть мати важливе значення для вирішення питання нарощування ресурсної бази будівельних матеріалів України. Пісковики, враховуючі їх фізико-механічні властивості і мінеральний склад придатні до ширшого спектру використання, що є суттєвим для післявоєнної відбудови і збільшення рівня зайнятості населення даного регіону.

Першочерговим завданням для оновлення видобування ямпільських пісковиків є: 1) створення реєстру усіх можливих виробок до видобутку; 2) визначення пріоритетів розробки, враховуючи геологічну будову, об'єм, якість і логістику, залучивши для цього відповідних фахівців; 4) розробка бізнес-проекту, який буде враховувати економічні, соціальні і екологічні чинники; 5) активізація роботи з просвітництва щодо унікальності ямпільських пісковиків як геологічного об'єкта, що містить залишки найдавнішої фауни.

#### **Список використаних джерел:**

1. Геологічні пам'ятки України / За ред. В. І. Калініна, Д. С. Гурського. Київ-Львів: Державна геологічна служба України, 2006. Т.2. (Вінницька обл. ). 320 с.
2. Гриценко, В., Палій В., Деревська К., Руденко К. Унікальні колекції вендобіонтів Геологічного музею Національного науково-природничого музею (ННПМ) НАН України // Вісник Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2015. Вип. 4 (71). С. 18-24.
3. Денисин Г.І., Страшевська Л.В., Корінний В.І. Геосайти Поділля. Вінниця: «Вінницька обласна друкарня», 2014. 216 с.
4. Літогенез і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України / В. О. Шумлянський, К. І. Деревська, Г. В. Дудар та інші. К.: Знання України, 2003. 300 с.
5. Нестеровський В.А., Мартишин А.І, Огар В.В. Фосілії пізнього докембрію Нкраїни тп підходи до їх експертизи // Зб.мат. міжнародної науково-практ. Конф. «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння».- 24-25 листопада.-К.-2016.-С. 25-28
6. Нестеровський В.А., Мартишин А.І., Чуприна А.М. Нова картина біоценозу вендського (едіакарського) седиментаційного басейну Поділля – англ.//Geology, Geography and Geocology.

-2018.-Р. 95-107.

7. Нестеровський В.А.Мартишин А.І, Огар В.В. Деякі стратиграфічні рівні знаходження скам'янілостей у верхньому венді Поділля / Природничі музеї та їх роль в освіті і науці: Між.нак.конф. (27-30 жовтня, 2015).- С.78-80

8. Платформні структури обрамлення Українського щита та їх металоносність / Ред. М.П. Семененко. К.:Наук. думка, 1972. 294с.

9. Природно-заповідний фонд Вінницької області в розрізі територіальних громад [Інтернет ресурс] <https://pzf.land.kiev.ua/pzf-obl-2.html>



## ДОРОЗВІДКА РОДОВИЩ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ДЛЯ ІНВЕСТИЦІЙ

*Крупський Ю.З., д. геол. н., професор, jkrupskyj@i.ua,  
Львівський національний університет ім.Ів.Франка, геологічний факультет, Львів, Україна*

У виконаних дослідженнях відомих родовищ нафти і газу в Західному НГР (нафтогазоносному регіоні України) рекомендовано їх дорозвідку.

## ADDITIONAL EXPLORATION – PROMISING DIRECTION FOR INVESTMENT

*Krupsky Yu., Dr. Sci. (Geol.), professor, jkrupskyj@i.ua,  
Ivan Franko Lviv National University, Faculty of Geology, Lviv, Ukraine*

It is recommended to make additional exploration of deposits in known oil and gas fields in the western region of Ukraine.

Забезпечення України власним видобутком вуглеводнів, особливо тепер є найважливішим завданням. Одним з перспективних напрямів для досягнення цієї мети є дорозвідка вже відкритих родовищ. Перевага цього напрямку і його привабливість для інвестицій, як внутрішніх, так і зовнішніх, в тому, що не завжди потрібно проходити складні процедури отримання спецдозволів, а також уже відома будова родовищ.

Детальний аналіз Західного нафтогазоносного регіону (НГР) України свідчить, що для більшості відомих родовищ це перспективно.

**Метою досліджень** було встановлення можливостей дорозвідки відомих родовищ в Західному НГР для виявлення нових покладів ВВ (вуглеводнів), або збільшення з них видобутку.

**Методи досліджень.** Основним методом досліджень був детальний аналіз геологічної будови родовищ і їх випробувань.

### Результати

На Волино-Поділлі, на Локачинському родовищі свердловини слід дослідити на можливий приплив нафти рис. 1.

У Зовнішній зоні Передкарпатського прогину, на відомих родовищах у відкладах сармату (Свидницьке, Вишнянське, Вижомлянське, Макунівське та ін.) - рекомендується буріння похило спрямованих свердловин для збільшення товщини продуктивних горизонтів і тим самим збільшення дебіти свердловин.

На відомому Грушівському газовому родовищі слід пробурити 4 свердловини глибиною до 2030 м, що дасть змогу збільшити дебіти газу із нижніх горизонтів сармату рис 2.

На найбільшому родовищі Західного НГР Битківському, пропонується його дорозвідка на можливі продуктивні горизонти, які залягають нижче відомих нафтових і газових покладів. Глибина свердловини 6000м., продуктивними можуть бути відклади палеогену, рис.3.

В Піднасуві Карпат перспективною є дорозвідка відомого нафтогазоносного Лопушнянського родовища на глибину. Перспективною може бути яворівська світа юри. Глибина свердловини 6000 м., рис.4.

На Хідновицькому родовищі перспективними для дорозвідки є буріння на нижні горизонти сармату.

**Новизна досліджень.** Новизна виконаних досліджень є в тому, що такі дослідження в такому ракурсі і в такому об'ємі раніше не проводились.

**Висновок.** Вищенаведене дозволяє зробити однозначний висновок, що виконані дослідження є своєчасні, актуальні і обгрунтовані.



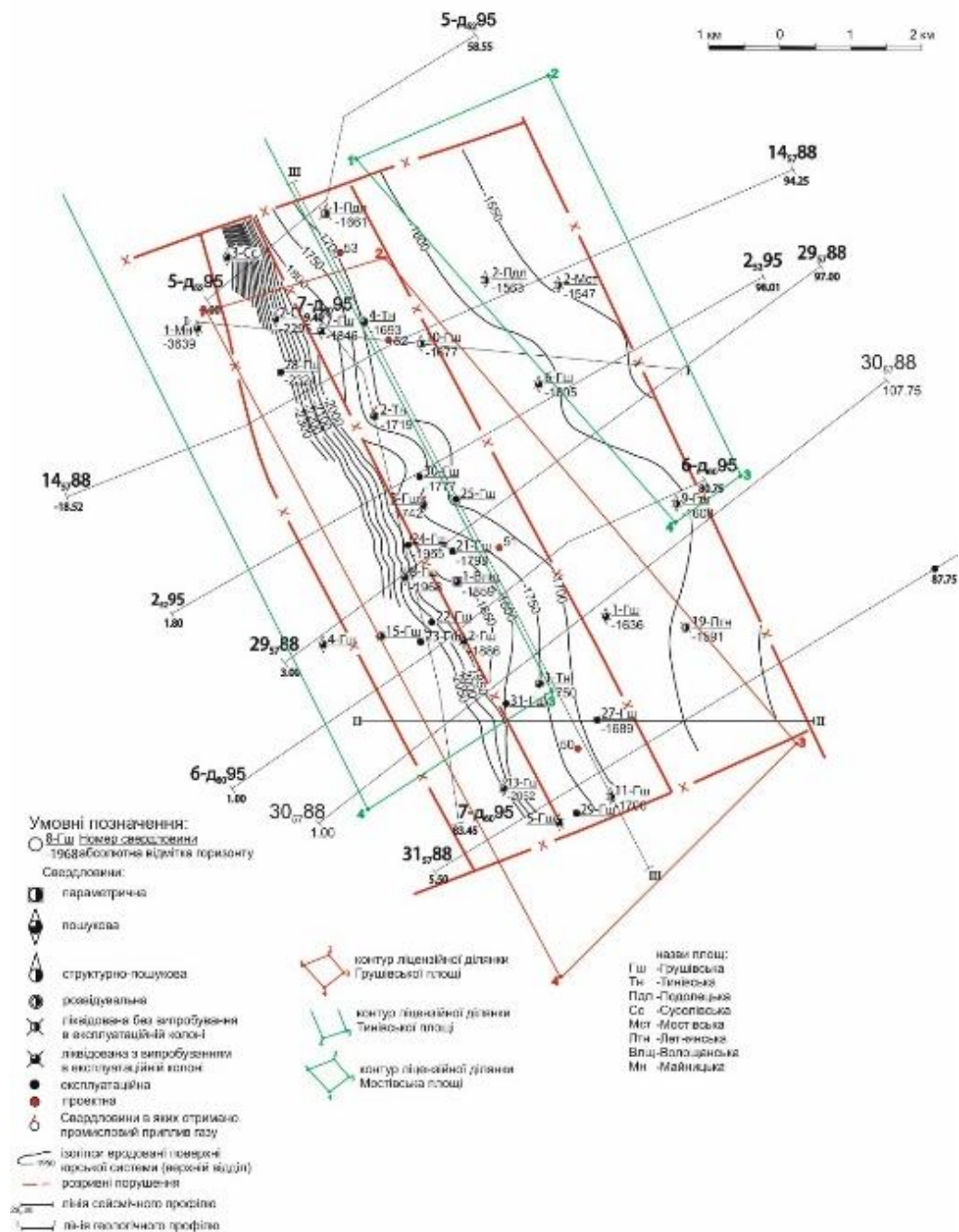
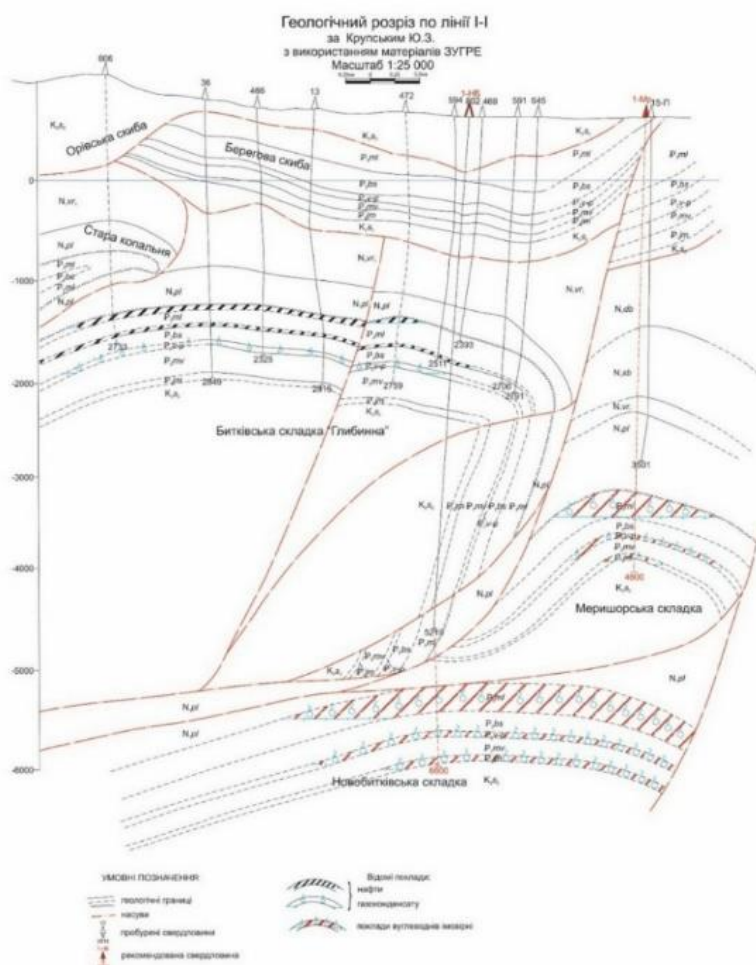
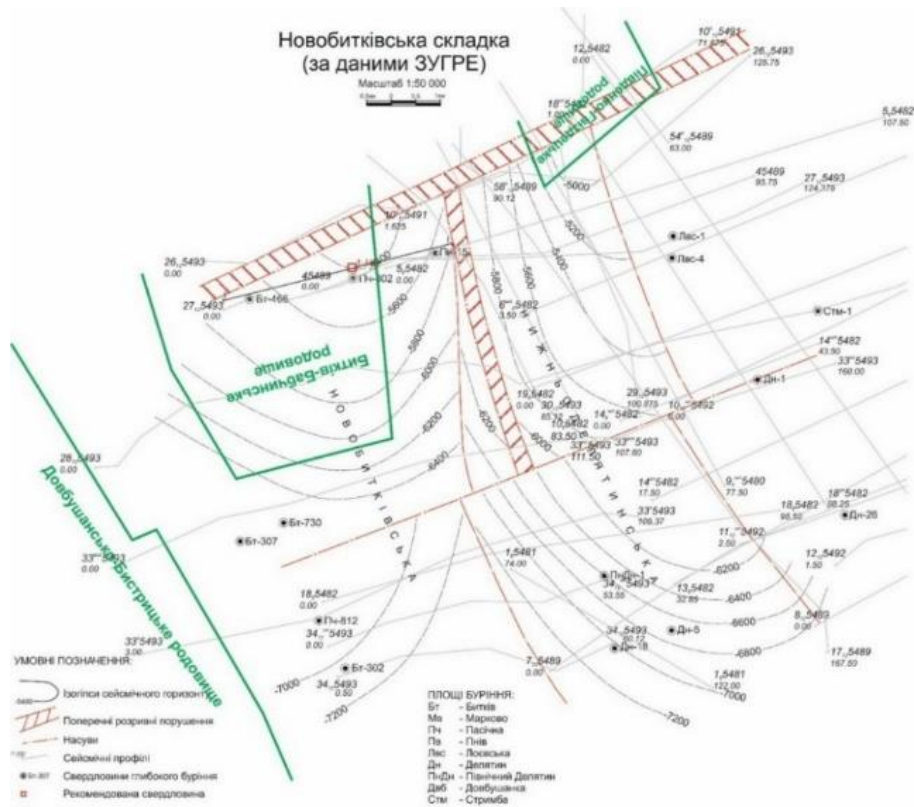
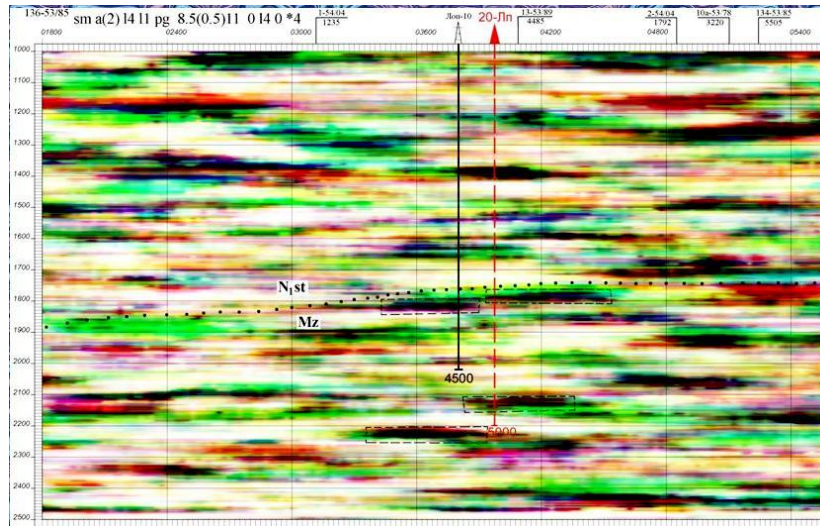


Рис. 2. Структурна карта еродованої поверхні верхньої юри



**Рис. 3. Структурна карта по відбиваючому сейсмічному горизонту та сейсмогеологічний розріз по лінії I-I**



**Рис. 4. Розріз розущільнених зон по профілю (136-53-85)  
(Лопушнянська ділянка, ЛВ УкрДГРІ, Хавензон І.В., 2010 р.)**

#### **Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України: Вид-во "Центр Європи", Т.V/С.624-629., 680-689., 671-679.
2. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України – К.: УкрДГРІ. 2001 – 144 с.
3. Крупський Ю.З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України: монографія – Львів: Сполом, 2020. -256 с.



## ПРИП'ЯТСЬКИЙ БУРШТИНОНОСНИЙ БАСЕЙН: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

**Комлев О.О.<sup>1</sup>**, доктор наук, професор, *morpha2007@ukr.net*,  
**Ремезова О.О.<sup>2,6</sup>**, доктор наук, професор, *titania2305@gmail.com*,  
**Криницька М.В.<sup>3</sup>**, кандидат наук, доцент, *krynytska255@gmail.com*,  
**Спиця Р.О.<sup>4</sup>**, кандидат наук, с. н. с., *spytysaroman@ukr.net*,  
**Філоненко Ю.М.<sup>5</sup>**, кандидат наук, доцент, *filonenkojurij@gmail.com*,  
**Жилкін С.В.<sup>4</sup>**, наук. спів., *morfo75@ukr.net*,  
**Коваль Д.М.<sup>2</sup>**, аспірант, *daniel.of.volun@gmail.com*,

1 - КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,

2 – Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,

3 – Поліський національний університет, м. Житомир, Україна,

4 – Інститут географії НАН України, м. Київ, Україна,

5 – Ніжинський державний педагогічний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, Україна,

6 – Житомирський державний політехнічний університет, Житомир, Україна

Нині в Україні створена нова галузь економіки, яка включає видобуток і використання бурштину. Державна стратегія розвитку галузі повинна спиратися на сучасну науково обґрунтовану прогнозно-пошукову систему бурштину (ППСБ). ППСБ створюється на сучасній методологічній основі теорії систем, враховує основні наукові теорії утворення бурштину і підходи, які апробовані при пошуках різних корисних копалин і нові, які пропонуються. ППСБ дозволить системно розвивати бурштинову галузь, вирішуючи в комплексі проблеми екологічного, соціально-економічного, наукового, просвітницького, виховного характеру. Основною метою ППСБ України є розширення мінерально-сировинної бази бурштинової галузі країни за рахунок більш глибокого вивчення відомих родовищ ПББ, але і відкриття нових родовищ, зокрема мало досліджених генетичних типів. Основною практичною метою ППСБ є бурштиноносні об'єкти (пастки), які виявляються на основі розуміння глибоких зв'язків процесів тектогенезу, морфогенезу, літогенезу, рудогенезу бурштину. Виділені типи пасток ПББ - структурно-тектонічні, геоморфологічні, палеогеоморфологічні, морфолітогенетичні, комбіновані. Проаналізовані основні підходи при їх виділенні і вивченні (стратиграфічний, літолого-стратиграфічний, літологічний, структурно-тектонічний, палеогеоморфологічний, геоморфологічний).

## PRYPIAT AMBER BASIN: DEVELOPMENT PROSPECTS

**Komliev O.<sup>1</sup>**, doctor of sciences, professor, *morpha@ukr.net*,  
**Remezova O.<sup>2,6</sup>**, doctor of sciences, professor, *titania2305@gmail.com*,  
**Krynytska M.<sup>3</sup>**, candidate of sciences, associate professor, *krynytska255@gmail.com*,  
**Spytsia R.<sup>4</sup>**, researcher, *spytysaroman@ukr.net*;  
**Filonenko Ju.<sup>5</sup>**, candidate of sciences, associate professor, *filonenkojurij@gmail.com*,  
**Zhylnin S.<sup>4</sup>**, researcher, *morfo75@ukr.net*;  
**Koval D.<sup>2</sup>**, Ph-student, *daniel.of.volun@gmail.com*,

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

3 – Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine,

4 – Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

5 – Mykola Gogol Nizhyn State Pedagogical University, Nizhyn, Ukraine,

6 – Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

Today, a new sector of the economy has been created in Ukraine, which includes the extraction and use of amber. The state strategy for the development of the industry should be based on a modern, scientifically based amber forecasting and prospecting system (AFPS). The PPSS is created on the modern methodological basis of systems theory, takes into account the main scientific theories of amber formation and approaches that have been tested in the search for various minerals and new ones that are proposed. The SPMS will allow for the systematic development of the amber industry, addressing environmental, socio-economic, scientific, educational, and training issues in a comprehensive manner. The main goal of the Ukrainian amber safety and security program is to expand the mineral resource base of the country's amber industry through a deeper study of known amber deposits, as well as the discovery of new deposits, including those of little-studied genetic types. The main practical goal of the PBS is to identify amber-bearing objects (traps) based on an understanding of the deep connections between the processes of tectogenesis, morphogenesis, lithogenesis, and oreogenesis of amber. The types of PBM traps are distinguished: structural-tectonic, geomorphological, paleogeomorphological, morpholithogenetic, and combined. The main approaches to their identification and study (stratigraphic, lithological-



stratigraphic, lithological, structural-tectonic, paleogeomorphological, geomorphological) are analyzed.

*Прип'ятський бурштиноносний басейн* (ПББ) та інші потенційно перспективні бурштиноносні басейни України є частинами бурштиноносної провінції Західної і Східної Європи. ПББ розташовується на території Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської областей України. За комплексом геологічних, палеогеографічних, палеогеоморфологічних він може продовжуватись на північ на територію Білорусі. Завдяки очевидній перспективності, ПББ відносно задовільно досліджений. За роки незалежності України, тут виконані і виконуються державними і приватними установами і організаціями значні об'єми спеціальних прогнозно-пошукових і розвідувальних робіт бурштину, включаючи неглибоке буріння, проходження шурфами тощо. Проводяться всебічні дослідження фізико-хімічних властивостей бурштину, складаються сертифікаційні схеми його використання в ювелірній та інших галузях. В цілому, досягнута висока глибина переробки бурштину, по суті усіх його фракцій «без залишку». Нині накопичений фактичний матеріал щодо геологічних та інших умов формування розсіпних родовищ бурштину та його речовинного складу, на наш погляд достатній для проведення пошукових робіт бурштину на більш високому рівні. Цьому сприяють і численні статті, монографії, захищені дисертації узагальнюючого характеру. За останні роки були виконані і спільні міжнародні проєкти науковцями України, Польщі, Білорусі. Основним здобутком усіх цих робіт стало розуміння необхідності створення для цих країн і разом *прогнозно-пошукової системи бурштину* (ППСБ), що дозволить системно розвивати бурштинову галузь, вирішуючи в комплексі проблеми екологічного, соціально-економічного, наукового, просвітницького, виховного характеру. Основною метою ППСБ України є розширення мінерально-сировинної бази бурштинової галузі країни за рахунок більш глибокого вивчення відомих родовищ ПББ, але і відкриття нових родовищ, зокрема мало досліджених генетичних типів.

Для цього в ППСБ необхідне концептуальне поєднання на сучасній методологічній основі (теорії систем) використаних при пошуках різних корисних копалин різних регіонів підходів і нових. Так, нами запропоноване для цього використовувати поняття *бурштиноносна формація* (БФ), використане на прикладі ПББ.

В дослідженнях БФ ПББ можуть бути використані методичні алгоритми з числа наукових теорій і методів: *загальної теорії систем* при виділенні елементів БФ; *геолого-формаційний* при встановленні просторово-часових параметрів тіла БФ ПББ; *геоморфологічної формації* при виділенні елементів геоморфосистеми часу формування БФ ПББ; *палеогеографічний* при визначенні ролі різних природних (геологічних, географічних тощо) чинників часу формування БФ ПББ; *палеогеоморфологічний* при вивченні палеорельєфів окремих етапів формування БФ ПББ; *структурно-тектонічний і морфоструктурного аналізу* для створення геоструктурної і морфоструктурної основ території ПББ; *неотектонічного аналізу* для виявлення неотектонічних структур території ПББ; *літолого-фаціальний* при встановленні літолого-фаціальних умов формування БФ ПББ; *морфолітогенетичний* при поєднаному вивченні процесів морфогенезу, літогенезу і рудогенезу бурштину; *регіонального морфохронодинамічного аналізу* при вивченні статистики і динаміки геоморфосистеми території ПББ; *аналізу МАКЗ (матеріалів аерокосмічного зондування)* при вивченні типів пасток бурштину, що експонуються на земній поверхні; *лабораторне моделювання* при вивченні поведінки бурштину в різних гідродинамічних умовах; *картографічний* при створенні картографічних моделей ПББ. Зазначені теорії і методи складають основний базис дослідження БФ, а їх послідовність (алгоритми) залежать конкретних умов території – структурно-тектонічних, палеогеографічних, палеогеоморфологічних тощо.

Основною практичною метою ППСБ є виявлення *бурштиноносних об'єктів* (БО) - природних утворень та їх частин, які містять і можуть містити значні скупчення бурштину. Тут важливе розуміння існування в природі глибоких зв'язків процесів тектогенезу, морфогенезу, літогенезу, рудогенезу бурштину. Відповідно до цього можуть бути виділені основні типи «пасток» БО – структурно-тектонічні, геоморфологічні, палеогеоморфологічні, морфолітогенетичні, комбіновані. Для їх виявлення використовуються основні підходи (методи) - стратиграфічний, літолого-стратиграфічний, літологічний, структурно-тектонічний, палеогеоморфологічний, геоморфологічний.

*Стратиграфічний* підхід виявлення БО на території України дозволяє в цій якості розглядати стратиграфічні горизонти палеогенової системи (харківські, межигірські, обухівські шари), в яких зустрічаються первинні розсипи бурштину-сукциніту. Сюди відноситься і стратиграфічний горизонт бучацької світи середнього еоцену, бурштиноподібні смоли з якого дослідниками вважаються вихідними для формування БФ Західної і Східної Європи (і України).

Мета *літолого-стратиграфічного* підходу (методу) - диференціація (зонування) перспективних горизонтів і виявлення літологічних колекторів первинних розсипів бурштину на основі використання емпіричних даних.

*Літологічний* підхід (метод) дозволяє виявляти: схожі літологічні колектори в неогенових і четвертинному стратиграфічних горизонтах; «наскрізні» літологічні «тіла», які формуються при розмиві (розмивах) і перевідкладенні (перевідкладеннях) бурштину з палеогенових продуктивних пластів, при переході в неогенові і четвертинний стратиграфічні горизонти.

*Структурно-тектонічний* підхід (метод) при дослідженнях бурштину більше декларується, оскільки давні тектонічні схеми використовуються формально, чого, в даному випадку, недостатньо. Тут необхідна зовсім інша структурно-тектонічна модель тектоносфери для часу існування БФ. В ній повинні бути показані тектонічні (неотектонічні) структури, які динамічно активні в неоген-четвертинний (неотектонічний) час - новостворені, і успадковані від морфоструктур, що формуються тут з мезозою. Динаміка цих структур в значній мірі визначала процеси літогенезу і морфогенезу від часу початку накопичення бурштиноподібних смол (середній еоцен), вихідних для утворення бурштину-сукциніту і його родовищ (пізній еоцен-олігоцен), наступних розмивів родовищ, перевідкладення з них бурштину і утворення за неоген-четвертинний етап повторних розсипних родовищ в неогенових і четвертинному стратиграфічних горизонтах.

*Палеогеоморфологічний* підхід (метод) частково використовується в пошуково-розвідувальних роботах організаціями національної геологічної компанії України в комплексі традиційних палеогеографічних реконструкцій для часу накопичення бурштиноподібних смол (середній еоцен), а також для виділення перспективних елементів і форм древнього рельєфу часу утворення бурштину-сукциніту (олігоцен).

*Геоморфологічний* підхід (метод) в практиці організованих пошукових робіт бурштину, що ведуться нині державними і приватними організаціями та компаніями, використовується символічно, епізодично, неефективно. Він, в основному, використовується у ситуаційних планах родовищ для прив'язки на місцевості до певних елементів, форм, генетичних типів і категорій рельєфу. Зовсім не враховуються досягнення геоморфологічної науки, яка конкретизує поняття «рельєф» як «геоморфосистема».

Необхідно додати, що охорона навколишнього середовища в районах видобутку бурштину не повинна обмежуватися лише дотриманням рекомендованих природоохоронних норм і вимог (рекультивация порушених земель, ґрунтів, відновлення деревної рослинності). Тут обов'язково повинен проводитися *комплексний геоecологічний аналіз*, який починається з екологічної оцінки стану геоморфосистеми всієї території. Отримані при цьому висновки дають додаткові критерії для оцінки вже виділених БО.

**Висновок.** На наш погляд, розвиток Прип'ятського бурштиноносного басейну пов'язаний з вдосконаленням ППСБ, її інтеграцією з аналогічними сусідніх країн. Необхідно більше використовувати методи комп'ютерного і лабораторного моделювання, МАКЗ, оновити структурно-тектонічні і геоморфосистемні моделі, продовжувати літолого-стратиграфічні дослідження.

В статті використана література [1-11].

#### **Список використаних джерел:**

1. Богдасаров М.А., Комлев А.А., Нестеровский В.А., Ремезова Е.А. Янтареносная формация Украины и Беларуси (научно-методические и практические аспекты изучения) //Літасфера. Мінск, Наукова-виготовчий центр па геалогіі, 1(46), 2017.- С.143-149.

2. Богдасаров М., Комлев О., Нестеровський В., Ремезова О., Жилкін С. Спеціальна прогнозно-пошукова карта бурштину для території України та Білорусі (зміст легенди). Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. (мат-ли V міжнародної науково-практичної конференції. Україна, Трускавець. Том 1. С. 160-162. К., 2018.
3. Комлев О.О. Мезозой-кайнозойські долинні комплекси – перспективні пошукові об'єкти на бурштин //«Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (мат-ли Четвертої міжн. наук.-практ. конф., м. Трускавець). К., 2017 .- С.187-189.
4. Комлев О.О. Геоморфологічні засади розширення сировинної бази бурштину в Україні //Фізична географія та геоморфологія. 2018.- 4 (92).- С. 14-22.
5. Комлев О.О. Бурштинова галузь України:(проблема створення національної програми розвитку) // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки - 3(43). - 2020. – С. 23-28.
6. Комлев О.О., Бортник С.Ю., Ремезова О.О. Геоморфосистемна основа для прогнозно-пошукової системи бурштину // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування (мат-ли VI міжн. наук.-практ. конф., Трускавець 2019). Т.1. К. – 2019. - С. 246-251.
7. Комлев О.О., Ремезова О.О., Філоненко Ю.М. Басейнові історико-динамічні геоморфосистеми як прогнозно-пошукові одиниці на осадові корисні копалини Українського щита і суміжних западин //Український Бурштиновий Світ (тези доповідей Першої міжнародної конференції). К. - 2007. –С. 69-72.
- 8.Комлев О.О., Ремезова О.О., Філоненко Ю.М. Геоморфолого-палеогеоморфологічна основа пошукових робіт на бурштин // Український бурштиновий світ. – К.: 2008. – С. 95-100.
9. Криницька М. В. Літолого-фаціальні умови накопичення покладів бурштину в межах північно-західної частини Українського щита //Дис.... канд. геол. наук. -К. - 2012. – 201 с.
10. Ремезова О.О., Комлев О.О. Проблеми та перспективи розвитку українського сегменту «Бурштинового шляху Європи» // Геотуризм: практика і досвід (мат-ли III міжн. наук.-практ. конф.). Львів.-Каменяр.-2018.- С. 154-156.
11. Ремезова Е.А., Комлев А.А., Нестеровский В.А., Богдасаров М.А. Развитие геотуризма в Украине в контексте янтарных путей Европы // Актуальные проблемы наук о земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды» (мат-лы научн-практ. конф., Беларусь). Брест. 2017.





# МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ







## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ**

*Паюк С.О.<sup>1</sup>, office@dkz.gov.ua,*

*Гафич І.П.<sup>2</sup>, к. геол.-мін. н.,*

*Коляда М.І.<sup>2</sup>, kolyadaMI@dtek.com*

*1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «ДТЕК Нафтогаз», м. Київ, Україна*

Розглядається питання невідповідності Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр та Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів до геолого-економічного вивчення перспективних ресурсів і запасів родовищ нафти і газу. Класифікація запасів адаптована до Рамкової класифікації ООН-2009 та передбачає розподіл запасів та ресурсів на 14 класів за ступенем вивчення. Інструкція по застосуванню Класифікації запасів і ресурсів нафти і газу передбачає розподіл на 10 класів. Залишкові запаси, що не видобуваються, ДКЗ затверджуються за класами 221, 222, також за цими класами затверджуються і позабалансові запаси. ДКЗ не затверджує залишкові запаси/ресурси класів 341, 342, 343, 344, т.я їх облік не передбачений Держбалансом запасів. Необхідне внесення змін до Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів родовищ нафти і газу, до звітних балансів за формою 6-ГР, Держбалансу запасів.

## **OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF OIL AND GAS DEPOSITS ACCORDING TO DIFFERENT CLASSIFICATION SYSTEMS**

*Paiuk S.<sup>1</sup>, office@dkz.gov.ua,*

*Hafych I.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.),*

*Koliada M.<sup>2</sup>, kolyadaMI@dtek.com,*

*1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,*

*2 – DTEK Oil&Gas, Kyiv, Ukraine*

The issue of inconsistency between the Classification of Reserves and Mineral Resources of the State Subsoil Fund and the Instructions for Applying the Classification of Reserves and Resources to the Geological and Economic Study of Prospective Resources and Reserves of Oil and Gas Fields is under consideration. The classification of reserves is adapted to the UN Framework Classification 2009 and provides for the distribution of reserves and resources for 14 classes by degree of study. The Instruction on the Application of the Classification of Oil and Gas Reserves and Resources envisages a division into 10 classes. Residual reserves that are not mined, SCU are approved under classes 221, 222, and off-balance sheet reserves are also approved under these classes. SCU does not approve residual stocks/resources of classes 341, 342, 343, 344, i.e. their accounting is not provided for by the State Balance of Reserves. It is necessary to make changes to the Instructions for the Application of the Classification of Reserves and Resources of Oil and Gas Fields, to the reporting balances in form 6-GR, the State Balance of Reserves.

На даний час в Україні застосовується Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (затверджена Постановою КМУ від 05 травня 1997 р. № 432), якою встановлено єдині принципи підрахунку запасів, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів за рівнем їх промислового значення, ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови підготовленості розвіданих родовищ до промислового освоєння, основні принципи кількісної оцінки ресурсів корисних копалин.

Інструкціями ДКЗ із застосування Класифікації до родовищ окремих видів корисних копалин передбачається також розподіл запасів корисних копалин за собівартістю їх видобутку та переробки на товарну продукцію, виділення категорій розвіданості запасів і достовірності ресурсів корисних копалин.

Класифікація адаптована в основних положеннях до Рамкової класифікації запасів і ресурсів викопних енергетичних та мінеральних корисних копалин Організації Об'єднаних Націй (РКООН–2009).

Запаси і ресурси корисних копалин розподіляються на класи, які ідентифікуються за допомогою трипорядкового цифрового коду. Всього класифікацією передбачено розподіл запасів і ресурсів на 14 окремих кодів відповідно до табл. 1.

Таблиця 1

**Розподіл запасів і ресурсів на класи відповідно до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин**

Категорія за рівнем соціального і промислового значення (вісь E)	Категорія за ступенем техніко-економічної вивченості та підготовленості до розробки (вісь F)		Категорія за ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G)	Код класу згідно Класифікацією	Клас РКООН-2009
1.Балансові запаси (1..) E1 E1.1; E1.2	Запаси, що розробляються (F1.1), затверджені до розробки (F1.2) або для промислового освоєння (F1.3)	GEO-1 (.1.) F1	Розвідані запаси (..1) G1	111 достовірні	Комерційні запаси
	Запаси обґрунтовані для розробки (F2.1; F2.2)	GEO-2 (.2.) F2	Розвідані запаси(..1) G1	121 вірогідні	
			Попередньо розвідані запаси (..2) G2	122 вірогідні	
2. Умовно балансові й позабалансові запаси (2..) E2	Розробка очікується, призупинена або нерентабельна	GEO-1 (.1.) F1; F1.3	Розвідані запаси (..1) G1	211	Можливо комерційні запаси
		GEO-2 (.2.) F2 (F2.1;F2.2)		221	
			Попередньо розвідані запаси (..2) G2	222	
3.Промислове значення запасів і ресурсів не визначене (3..) E-3; E3.1; E3.2; E3.3	Розробка запасів і ресурсів не визначена	GEO-3 (.3.) F3	Розвідані запаси(..1) G1	331	Не комерційні запаси
			Попередньо розвідані запаси (..2) G2	332	
			Перспективні ресурси (..3) G3	333	Ресурси геолого-розвідувальних робіт
			Прогнозні ресурси (..4) G4	334	
	Залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються	F4	Розвідані запаси(..1) G1	341	Залишкові (додаткові) запаси і ресурси
			Попередньо розвідані запаси (..2) G2	342	
	Залишкові (додаткові) у надрах ресурси, що не видобуваються		Перспективні ресурси (..3) G3	343	
			Прогнозні ресурси (..4) G4	344	

В той же час Інструкціями із застосування Класифікації до родовищ окремих корисних копалин, в т.ч. Інструкцією із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу передбачається розподіл запасів та ресурсів нафти і газу лише на 10 класів. Класи 341, 342, 343, 344 залишкових, що не видобуваються, запасів і ресурсів – відсутні.

На сьогодні під час експертизи запасів родовищ нафти і газу ДКЗ не затверджує залишкові (додаткові) у надрах запаси/ресурси класів 341, 342, 343, 344 з наступних причин:

- Інструкція із застосування Класифікації запасів та ресурсів родовищ нафти та газу не передбачає виділення і оцінку запасів і ресурсів цих класів;

- Державний баланс запасів та звітні баланси за формою 6-ГР не включають відомості про класи запасів та ресурсів 341, 342, 343, 344.

Виходячи з цього, навіть при умові їх затвердження ДКЗ, запаси та ресурси класів 341, 342, 343, 344 не можуть бути обліковані Державним балансом.

Яке ж визначення мають залишкові запаси/ресурси класів 341, 342, 343, 344:

Залишкові (додаткові) у надрах запаси/ресурси – це обсяги запасів та ресурсів вуглеводнів, що за ступенем геологічної вивченості відносяться до розвіданих, попередньо розвіданих запасів, перспективних та прогнозних ресурсів, відповідно, та за результатами техніко-економічної оцінки визначені як залишкові (додаткові) запаси (ресурси) в надрах, що не можливо видобути в результаті визначеного проєкту розробки.

В такому разі постає питання чи затверджуються ДКЗ залишкові запаси/ресурси вуглеводнів та до якого класу вони відносяться на поточний час.

На сьогодні залишкові запаси – це різниця між загальним обсягом запасів покладу та його видобувною частиною та традиційно класифікуються за класом 221 (розвідані запаси) та 222 (попередньо розвідані запаси). Залишкові обсяги ресурсів не визначаються.

Одночасно до класів 221 та 222 відносяться запаси тих покладів/родовищ для яких існують апробовані технології розробки, однак видобуток і використання яких на момент оцінки є економічно недоцільним. Такі запаси є позабалансовими. Віднесення запасів до кодів класів 221 та 222 залежить від змін технологій їх видобутку, економічних, екологічних та інших умов. При зміні цих умов та подальшої переоцінки видобуток та використання запасів може стати економічно доцільним.

Таким чином під кодами класів 221 та 222 затверджуються абсолютно два різні типи запасів:

- позабалансові запаси, які в майбутньому можуть стати об'єктом промислового значення;
- залишкові запаси, які не можливо видобути під час розробки родовища.

Віднесення залишкових запасів до класів 221, 222 має значний вплив на оцінку вартості запасів родовища та розуміння його промислової цінності і потенціалу освоєння.

#### **Висновки і рекомендації.**

З метою впорядкування нормативних документів та гармонізації діючої в Україні Класифікації запасів до основних положень Рамкової класифікації запасів і ресурсів викопних енергетичних та мінеральних корисних копалин Організації Об'єднаних Націй (РКООН – 2009), пропонується:

1. Внести зміни до Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу, передбачивши віднесення залишкових запасів та ресурсів, що не видобуваються, до окремих класів 341, 342, 343, 344.

2. Внести зміни до звітних балансів запасів за формою 6-ГР та Державного балансу запасів, що передбачає облік залишкових запасів класів 341, 342, 343, 344.

## ASPECTS OF THE GEOLOGICAL AND ECONOMIC RANKING OF PLACER TITANIUM-ZIRCONIUM OBJECTS FROM UKRAINE

*Ganzha O., PhD (Geol.), oag2909@gmail.com;*

*Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

Aspects of the geological and economic ranking, which will make it possible to compare deposits of both monomineral and complex composition, were considered. It is basing on geological components from the economic, technological and administrative approach. It was developed centered of the experience of using various ranking methods of world practice, the peculiarities of the geological structure of titanium-zirconium deposits of Ukraine and their technological uniqueness. The research idea consists in applying a complex of geological and economic methods to establish the rating of titanium-zirconium geological objects. This rating will developed based on the previously created method of geological and economic ranking of titanium-zirconium placers, which has not yet had time to pass the approval of the results. The proposed methodology consists of three blocks: economic, technological and administrative. The calculation will carried out according to a clearly defined point gradation, which based on an attempt to estimate geological indicators in conventional economic units.

## АСПЕКТИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО РАНЖУВАННЯ РОЗСИПНИХ ТИТАН-ЦИРКОНІЄВИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ

*Ганжа О.А., к. геол. н., oag2909@gmail.com;*

*Інститут геологічних наук Національної академії наук України, м. Київ, Україна*

Розглядаються аспекти геолого-економічного ранжування, що дасть змогу порівняти родовища як мономінерального складу, так і комплексні на основі економічного, технологічного та адміністративного підходу з точки зору геологічних складників. Ця методика розроблена з врахуванням досвіду використання різних методів ранжування світової практики, особливостей геологічної будови титан-цирконієвих родовищ України та їх технологічній унікальності. Ідея досліджень полягає в застосуванні комплексу геологічних та економічних методів для встановлення рейтингу титан-цирконієвих геологічних об'єктів. Даний рейтинг буде розроблятися на основі попередньо створеного методу геолого-економічного ранжування титан-цирконієвих розсіпів, який ще не встиг пройти апробацію результатів. Запропонована методика складається з трьох блоків: економічного, технологічного та адміністративного. Підрахунок буде проводитися по чітко визначеній бальній градації, яка основана на спробі оцінити в умовних економічних одиницях геологічні показники.

### Introduction

To date, there is no systematization of promising titanium-zirconium objects according to their degree of potential economic exploitation, which would allow to deposits and placers according to their economic potential and would contribute to increase the efficiency of the use of titanium mineral-resource of Ukraine.

In Ukraine, there is a concept of "geological and economic assessment" of mineral reserves. It is an analysis of the geological and techno-economic study of mineral deposits to assessment (reassessment) their industrial value. Geological and economic assessment of the efficiency of industrial exploit of the deposit is carried out for each object of subsoil use individually. When preparing a geological and economic assessment, all available material is analyzed and summarized, a geological model of the deposit is built. Technical and economic indicators related to the exploit of the deposit are also studied in detail - the cost of labor, materials, equipment, the amount of taxes, etc. The State Commission of Mineral Reserves of Ukraine analyzes and summarizes the results of the examination of the materials of the geological and economic assessment of deposits reserves and, based on them, provides recommendations on: improving the quality and reliability of geological prospecting works and shortening the terms of exploration of mineral deposits [14]. However, this concept does not provide a basis for comparing several deposits, since an individual approach is proposed for each deposit, in accordance with the available geological and economic indicators.

### Current status of the problem

In the world scientific community, the concepts of "assessment" and "ranking" are also divided. Various scientific assessment methods are being developed: unexplored deposits, resources, reserves, prospective areas, etc.

There are various methods of resource assessment of specific deposits of copper, zinc, molybdenum, gold, etc. So, Charles G. Cunningham, Eduardo O. Zappettini, Waldo Vivallo S. and

others. proposed a quantitative mineral resource assessment of copper, molybdenum, gold, and silver in undiscovered porphyry copper deposits in the Andes Mountains of South America [4]. Arinze, Innocent J.; Emedo, Chidubem O.; and Ugbor, Charles C. developed a scalar-geometric approach for the probable estimation of the reserve of some Pb-Zn deposits in Ameri, southeastern Nigeria [1].

Many scientists are creating approaches to assessment of unexplored deposits. Singer, D.A. considers targeting method and the density method of estimating number of undiscovered mineral deposits [12]. Lisitsin V.A. proposed methods of three-part quantitative assessments of undiscovered mineral resources: examples from Victoria Australia [8]. Mamuse, A., Guj, P. applied rank statistical analysis of nickel sulphide resources of the Norseman-Wiluna Greenstone Belt, Western Australia [9].

There have been attempts to use different methods for ranking lignite, gold, manganese and other mineral resources in many countries of the world. The following can be singled out among them.

R. Uberman, A. Ostrega [12], as well as J. Kasinski, S. Mazurek, and M. Pivotskiy [7] carried out the valorization and ranking of lignite deposits in Poland. S. Mazurek, K. Shamalek [10] based on the multi-criteria analysis, identified deposits of local and regional, national and supranational significance and a list of strategic deposits of Poland. Jara, J.J., Moreno, F., Jara, R., et al. ranked placer gold prospects in Chile through analytic hierarchy process [6]. Azmi, H., Moarefvand, P. and Maghsoudi, A. calculated . gold anomaly ranking based on stream sediment geochemistry in the Fariman–Kashmar axis, Nother East Iran [2]. Grunskiy, E.K., Kilby, V.E. and Massey, N.V.D. based on the assessment of deposits and confidence in expert estimates created a rating of mineral resources in British Columbia (Vancouver Island) [5]. Burger H., Erizman V., Skala V. estimated manganese nodule reserves and determined the order in which explored areas should be mined to create a sequence of analytical steps that could be applied to any typical offshore exploration project [3].

However, these approaches cannot be fully used to ranking of the promising objects with titanium-zirconium specialization. Ukraine has a significant quantity of ilmenite (monomineralic) and titanium-zirconium (complex) deposits and placers (more than 60 objects). In these deposits, raw materials for industrial applications are found in placers, weathering crusts and crystalline rocks. Deposits and fields that are currently exploited are running out, so there is a need to create a rating of deposits of this type to represent the investment potential of the Country. Therefore, it is necessary to improve the methodology of ranking and approbation of these methodology.

#### **Novelty of the idea**

A method of geological and economic ranking is proposed, which will make it possible to compare deposits of both monomineral and complex deposits based on an economical, technological and administrative approach from the point assessment of geological components. This methodology was developed with the involvement of industrial specialists, who paid attention to many aspects that play an important role for this type of ranking.

Based on the analysis of available archival materials of reports of geological exploration and prospecting works, approved reserves of deposits and their geological passports, a methodology of geological and economic ranking was created. It was developed taking into account the experience of various ranking methods of world practice, the peculiarities of the geological structure of titanium-zirconium deposits of Ukraine, and their technological uniqueness. The research methodology consists in applying a mix of geological and economic methods to establish the rating of titanium-zirconium geological objects.

As a result of the implementation of the project, a geological and economic ranking of promising objects of titanium-zircon specialization of the Ukrainian placer province will be carried out for the first time. Ranking, unlike other methods, is planned to be carried out in two stages. The first stage consists in ranking the titanium placer regions themselves and determining the rating of their economic potential. The second stage involves the ranking of specific geological objects to create a list in the order of their investment attractiveness.

#### **Methodology**

The research methodology consists in applying a mix of geological and economic methods to establish the rating of titanium-zirconium geological objects. This rating will be developed based on the previously created method of geological and economic ranking of titanium-zirconium placers, which has not yet had time to pass the approval of the results. In this regard, it is possible to slightly adjust the structure of this method and, based on consultations, clarify or confirm the point scale. The proposed

method of geological and economic ranking of promising geological objects of titanium-zirconium specialization consists of three blocks, totaling 100 points.

The economical block (45 points) includes:

- reserves and reserve calculation category: (to assess the indicators of reserve it is necessary to take into account the categories of reserve, not all stocks as a whole);
- value assessment of minerals (price for 1 ton of marketable products) – this indicator must be taken into account according to the technical and economic substantiation method (the coefficient of the main mineral (ilmenite) is taken as 1, and the coefficient is derived for other minerals);
- content of collective concentrate - it is necessary to take into account the complexity of the deposit. The assessment should take into account not only the possibility of extraction, but also market demand for extraction technology;
- coefficient of overburden rocks - taking into account not only the coefficient of overburden, but separately also the capacity of overburden and the capacity of the ore deposit).

Technological block (25 points) includes:

- the complexity of working out – mining and geological conditions, water content of overburden and ore horizon, technically justified choice of equipment, etc.;
- overburden rocks - the complexity of working out overburden rocks and the possibility of their further use;
- TiO<sub>2</sub> content (%) and quality of raw materials (variability of ilmenite, degree of leukoxenization, etc.);
- harmful impurities and the availability of technological capabilities for their removal.

Administrative block (30 points) includes:

- availability of mining and processing plants (MPP) and degree of readiness for industrial exploitation. In order to start exploit from 0 from the moment of obtaining a license to reaching the design capacity (construction, mining and capital works), it is necessary, based on international practice, about 8 years. The main investments in the development of deposits go to the construction of MPP.
- location of protected areas - take into account the availability of protected areas, the category of land use (agriculture, forests, water resources, pastures, etc.).
- infrastructure (availability of roads, railways, etc.)

The information indicator will also be taken into account, i.e. in the absence of information regarding one of the factors, its point score is equal to 0. This is due to the fact that the lack of a complete package of data on the object causes the need for additional research, and accordingly reduces its investment attractiveness.

Since certain information on titanium raw material reserves is secret, it is planned to apply a point assessment to determine the position of each of the deposits in the ranking of promising objects. Thank to this approach, it will be possible to research and publish the rating of investment attractiveness of objects without violating legal norms. For a sufficient level of approbation, it is suggested to apply this method on at least 20 deposits that are not been developed yet (in the event that one of the fields of the deposit is currently under development, all calculations for the deposit will be carried out excluding this area). In the case of positive results, it is possible to expand the application of this type of research to all objects of titanium-zirconium direction and to conduct a ranking among the objects not only for the purpose of industrial development, but also for geological study and exploration.

The proposed method is an analogue of the previously developed assessment of titanium-bearing placers with the aim of identifying promising objects, which was carried out within the Volyn' and Novomyrhorod placer districts (developer T.V. Okholina). Mykhailov V. analyzed and systematized the strategic minerals of Ukraine according to their investment attractiveness (traditional, highly promising, promising and with unclear prospects), and conducted an expert assessment of the investment attractiveness of metallic minerals of Ukraine [13]. The advantage of the proposed methodology is a slightly wider list of factors and calculations compared to the previous one, its development was carried out taking into account the comments of industrial geologists, and it is planned to clarify certain points with foreign specialists. There is an idea to compare and contrast the results of the two methods upon completion of testing to generalize the conclusions.

### **Conclusion**

The methodology results represent an important aspect for the efficiency use of the mineral-resources base of Ukrainian titanium and, accordingly, would contribute to the development of the



economy. Titanium and zirconium resource are included in the list of critical raw materials of the EU, which indicates a special interest to this sphere. Therefore, presenting the opportunities of the Ukrainian titanium market is one of the possible components for attracting investments and developing the Ukrainian post-war economy.

This methodology can be used by the Geological Service of Ukraine to improve the results of auctioning the plots of titanium-zirconium deposits for experimental or industrial development.

The substantiation of the investment attractiveness of the objects and the popularization of these materials in international specialist publications will make it possible to present Ukraine as a potential representative for investments in the titanium industry of Ukraine.

## Reference

1. Arinze, Innocent J.; Emedo, Chidubem O.; and Ugbor, Charles C. (2019) "A scalar-geometric approach for the probable estimation of the reserve of some Pb-Zn deposits in Ameri, southeastern Nigeria," *Journal of Sustainable Mining*: Vol. 18: Iss. 4, Article 6. DOI 10.46873/2300-3960.1108
2. Azmi, H., Moarefvand, P. & Maghsoudi, A. (2021) Gold anomaly ranking based on stream sediment geochemistry in the Fariman–Kashmar axis, NE Iran. *Acta Geochim* 40, 135–149. <https://doi.org/10.1007/s11631-020-00420-8>
3. Burger, H., Ehrismann, W. & Skala, W. (1980) Aspects of the statistical analysis of marine ore deposits. *Mineral. Deposita* 15, 335–350. <https://doi.org/10.1007/BF00202799>
4. Cunningham CG, Zappettini EO, Vivallo S, Waldo Celada CM, Quispe Jorge, Singer DA, Briskey JA, Sutphin DM, Gajardo M, Mariano D, Alejandro PC, Berger VI, Carrasco R, Schulz KJ (2008) Quantitative mineral resource assessment of copper, molybdenum, gold, and silver in undiscovered porphyry copper deposits in the Andes Mountains of South America: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008–1253, pp 282. <https://doi.org/10.3133/ofr20081253>.
5. Grunsky, E.C., Kilby, W.E. & Massey, N.W.D. (1994) Mineral resource assessment in British Columbia. *Nat Resour Res* 3, 271–283. <https://doi.org/10.1007/BF02256886>
6. Jara, J.J., Moreno, F., Jara, R. et al. (2019) Ranking of Placer Gold Prospects in Chile Through Analytic Hierarchy Process. *Nat Resour Res* 28, 813–832. <https://doi.org/10.1007/s11053-018-9420-5>
7. Kasiński J., Mazurek S., Piwocki M. Valorization and ranking-list of lignite deposits in Poland / *Prace - Państwowego Instytutu Geologicznego* January 2006
8. Lisitsin V.A. (2010) Methods of three-part quantitative assessments of undiscovered mineral resources: examples from Victoria Australia. *Math Geosci* 42(5):571–582. <https://doi.org/10.1007/s11004-010-9289-2>
9. Mamuse, A., Guj, P. (2011) Rank statistical analysis of nickel sulphide resources of the Norseman-Wiluna Greenstone Belt, Western Australia. *Miner Deposita* 46, 305–318 <https://doi.org/10.1007/s00126-011-0333-z>
10. Mazurek S., Szamalek K. (2022) Metodyka ustalania listy złóż strategicznych oraz kryteriów ich ochrony planistycznej / *Przegląd Geologiczny*, vol. 70, nr 7, 2022 P. 499-502
11. Singer, D.A. (2023) Targeting Method of Estimating Number of Undiscovered Mineral Deposits. *Math Geosci* 55, 23–34. <https://doi.org/10.1007/s11004-022-10021-1>
12. Uberman R., Ostrega A. Wykorzystanie metody Analitycznego Procesu Hierarchicznego dla waloryzacji (rankingu) polskich węgla brunatnego / *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 24(2):73-95
13. Михайлов В., Вижва С., Паюк С. Системний аналіз мінерально-сировинної бази стратегічних корисних копалин України / *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Геологія*. 4(99)/2022 с. 36-44. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.99.05>
14. <https://www.dkz.gov.ua/ua/>

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ ПОКЛАДІВ ДЛЯ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ

*Лазарук Я., д. геол. н., с. н. с., lazaruk\_s@i.ua;*

*Гузарська Л., guzarska@ukr.net, Гривняк Г., guzarska@ukr.net,*

*Ковальчук Н., natavashchak@ukr.net, Гарасим С., svitlanag86@gmail.com,*

*Тернавський М., matrix5@ukr.net, Тріска Н., igggk@mail.lviv.ua,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*

Проаналізовані основні помилки авторів геолого-економічної оцінки родовищ вуглеводнів при створенні моделей покладів. Границя літологічно заміщеного пласта-колектора проводилася посередині між двома свердловинами, в одній з яких колектор кондиційний, а в іншій – ущільнений, а ізопакіти зображалися паралельними границі колектора. Доведено, що це невірно. Пропонується границю колектора визначати ізопорою, значення якої відповідає нижній границі пористості. Ізопакіти можуть бути не паралельними границі поширення колектора. Моделі літологічно екранованих покладів повинні базуватися на седиментаційних моделях порід-колекторів. У випадку виклинювання пласта-колектора внаслідок розмиву ізопакіти є субпаралельними до границі поширення пласта, а ізопори можуть підходити до лінії виклинювання під будь-якими кутами. До площин постседиментаційних порушень ізогіпси і ізопори можуть підходити під будь-якими кутами. У прирозломних зонах конседиментаційних порушень є тенденція до співпадиння напрямків простягання ізопакіт і порушень. При побудові структурних карт потрібно ув'язувати амплітуди тектонічних порушень, площини яких з'єднуються між собою. У покладах, приурочених до піднятих блоків скидів, в оцінці запасів не враховуються об'єми прирозломних частин покладів.

## SOME ASPECTS OF GEOMETRIZATION OF DEPOSITS FOR GEOLOGICAL-ECONOMICAL EVALUATION OF HYDROCARBON FIELDS

*Lazaruk J., Dr. Geol. Science, Senior researcher, lazaruk\_s@i.ua*

*Huzarska L., guzarska@ukr.net, Hryvnyak H., grivnyak77@gmail.com,*

*Kovalchuk N., natavashchak@ukr.net, Harasym S., svitlanag86@gmail.com,*

*Ternavskiy M., matrix5@ukr.net, Triska N., igggk@mail.lviv.ua,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

Here the main mistakes of developing models of deposits for geological-economical evaluation of hydrocarbon fields were analyzed as well as the methodical ways of their solution were proposed. Executors of geological-economical evaluation of the fields draw a boundary of lithologically substituted reservoir rock in the middle of two drill holes in one of which the reservoir rock is conditional, and in another one: consolidated, isopaches are represented by parallel boundaries of the reservoir rock. It was proved that it's not true. One proposes to determine the boundary of the reservoir rock by isopor the value of which corresponds to the lower boundary of porosity. Isopaches may not be parallel to the boundary of the reservoir rock distribution. Models of lithologically shielded deposits must be developed on the basis of sedimentary models of the reservoir beds. In the case of pinching out of the reservoir bed due to washing out, isopaches are subparallel to the boundary of the seam distribution and isopors may come up to the line of pinching out at any angles. Isohypses and isopors may come up to the planes of postsedimentary dislocations at any angles. In near-fault zones of consedimentation dislocations one can observe the tendency to coincidence of extending of isopaches and dislocations. While compiling structural maps one should coordinate the amplitudes of tectonic dislocations the planes of which are connected with each other. In deposits confined to uplifted fault blocks, the volumes of near-fault parts of deposits are not taken into consideration while estimating reserves.

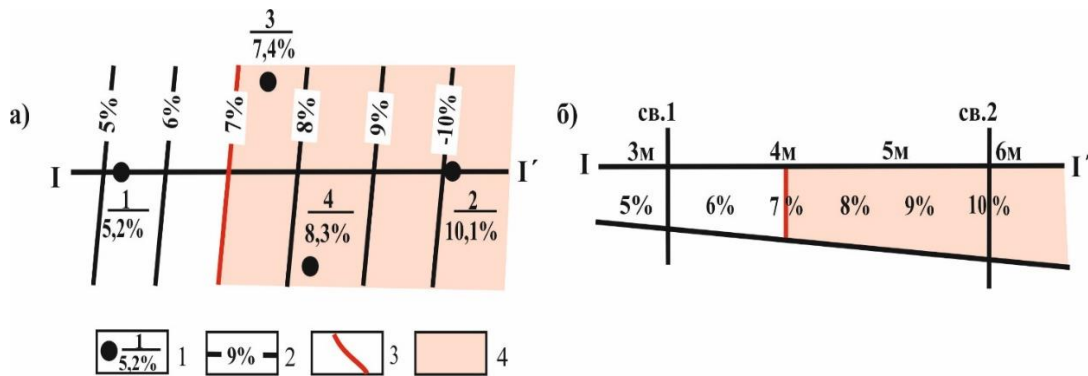
Достовірність оцінки запасів нафтових і газових покладів суттєво залежить від об'єктивності створених об'ємних моделей покладів.

Багаторічний досвід роботи з експертизи звітів з геолого-економічної оцінки (ГЕО) нафтових і газових родовищ, які подаються на розгляд в ДКЗ України, а також експертування матеріалів зі щорічних приростів запасів вуглеводнів ПАТ «Укргазвидобування» і ПАТ «Укрнафта» свідчать про неоднакові методичні підходи різних авторів ГЕО до створення об'ємних моделей покладів. У статті проаналізовані типові помилки, яких допускаються автори ГЕО.

Розглянемо деякі аспекти геометризації покладів зі складною будовою порід-колекторів. Побудова карт товщин пластових резервуарів базується на інтерполяції значень ефективних товщин продуктивних пластів у свердловинах. Цим методичним прийомом здавна користуються

автори ГЕО при підрахунку запасів вуглеводнів. Труднощі виникають при побудові карт поблизу границь поширення колекторів. Тут перш за все потрібно розуміти, з чим маємо справу: літологічним заміщенням колектора ущільненими породами, чи стратиграфічним виклинюванням пласта. Літологічне заміщення визначається седиментаційними особливостями і зумовлено глинизацією чи поганим сортуванням уламкового матеріалу. У цьому випадку товщина пласта-колектора може і не особливо змінюватися по латералі, однак його пористість поступово зменшується, аж доки не знизиться до нижньої границі пористості. Стратиграфічне виклинювання пласта зумовлено його розмивом внаслідок ерозії або у випадку відкладання осадів поблизу берегів морів, озер і річок. У цьому випадку на границі колектора пористість може бути суттєво вищою від граничного її значення.

У випадку літологічно заміщення порід-колекторів для геометризації покладу аналізуємо масив даних, в якому в одних свердловинах значення пористості вище прийнятого граничного значення (кондиційний колектор), в інших – нижче (ущільнений колектор). Границі таких покладів контролюються ізопорою, яка відповідає граничному значенню пористості. У практиці створення геологічних моделей покладів стало вже нормою, коли границя поширення пласта-колектора проводиться посередині між двома свердловинами, в одній з яких колектор кондиційний, а в іншій – ущільнений. Однак така ситуація може бути тільки в окремих випадках. Ущільнений пласт має певну пористість, відмінну від нуля. І коли проінтерполювати значення пористості між свердловинами, то ізопора, що відповідає значенню нижньої границі пористості, не завжди буде знаходитися посередині між ними (рис. 1).

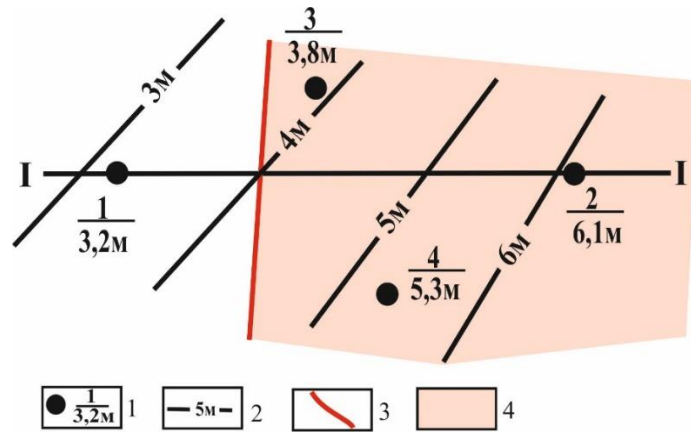


**Рис. 1. Карта ізопор (а) і розріз (б) продуктивного пласта:**

- 1 – номер свердловини/середньозважене за товщиною значення пористості, %;  
2 – ізопори, %; 3 – ізопора, яка відповідає нижній границі пористості, %;  
4 – продуктивна частина пласта

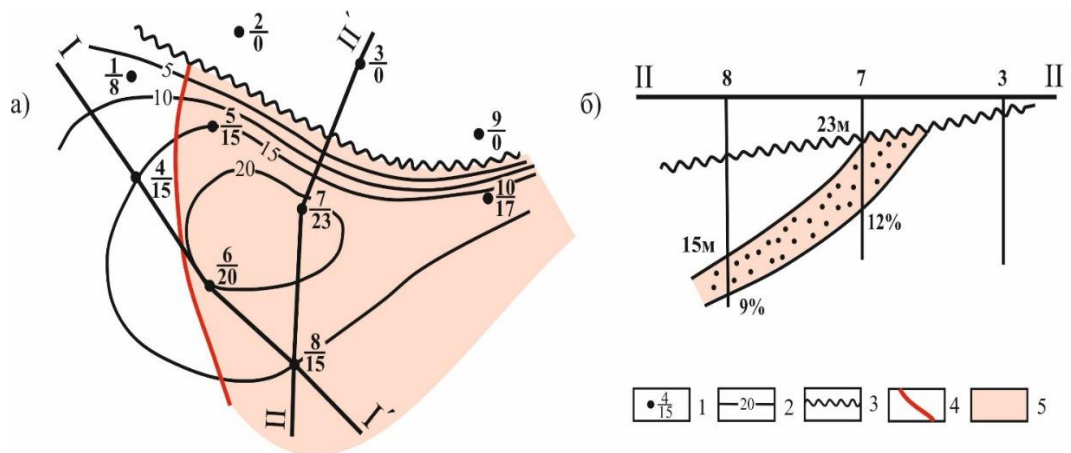
Для того, щоб встановити її положення, необхідно побудувати карту пористості. Далі будеться карта ефективних товщин пласта (рис. 2). З рис. 1 і 2 зрозуміло, що конфігурація ізопакіт ефективних нафто(газо)насичених товщин пласта не завжди буде подібною до конфігурації ізопор. Це і зрозуміло – між пористістю і товщиною немає прямого пропорційного зв'язку. Тому границя літологічно екранованого покладу зазвичай перетинає різні ізопакіти. Проте виконавці ГЕО родовищ, як правило, зображають ізопакіти ефективних товщин паралельними границі колектора.

У випадку виклинювання пласта-колектора внаслідок розмиву ізопакіти приграничної ділянки пласта повинні зображатися субпаралельними до границі його поширення (рис. 3), хоч не всі виконавці ГЕО поступають так. Конфігурація ізопор ніяк не пов'язана з границею колектора, оскільки розподіл колекторських властивостей залежав від седиментаційних особливостей басейну, а розмив пласта відбувся вже після його седиментації. Тому ізопори можуть підходити до лінії виклинювання під будь-яким кутом (рис. 4). Сказане стосується і постседиментаційних порушень: і ізогіпси, і ізопори можуть підходити до площин порушень під будь-якими кутами, оскільки пласт відклався раніше, до розриву порушенням. Коли ж порушення є конседиментаційним, то спостерігається тенденція до співпадіння простягання ізопакіт і самого порушення.



**Рис. 2. Карта ефективних товщин продуктивного пласта. Червоним позначено ізопору, яка відповідає нижній границі пористості:**

1 – номер свердловини/ефективна товщина пласта, м; 2 – ізопакіти пласта, м%; 3 – ізопора, яка відповідає нижній границі пористості, %; 4 – продуктивна частина пласта

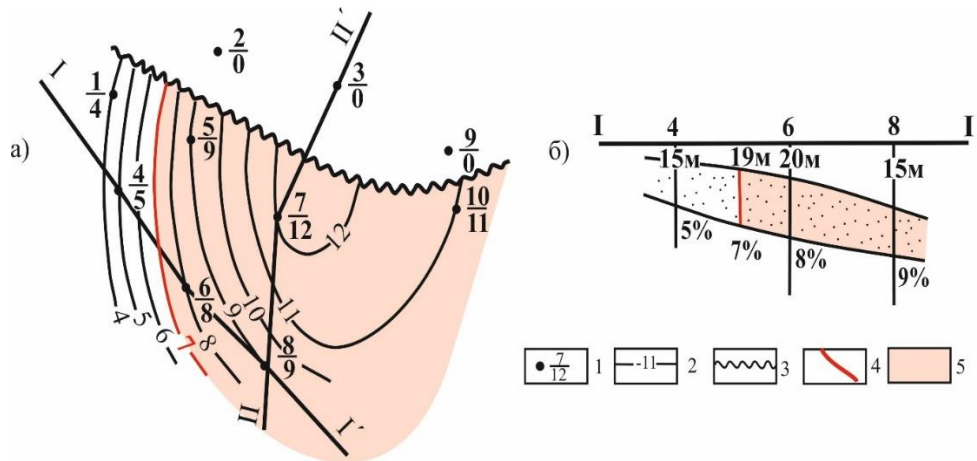


**Рис. 3. Карта ізопакіт (а) та геологічний розріз (б) пласта, що виклинується внаслідок розмиву:**

1 – номер свердловини/ефективна товщина пласта, м; 2 – ізопакіти, м; 3 – стратиграфічна незгідність; 4 – ізопора, що відповідає нижній границі пористості; 5 – продуктивна частина пласта

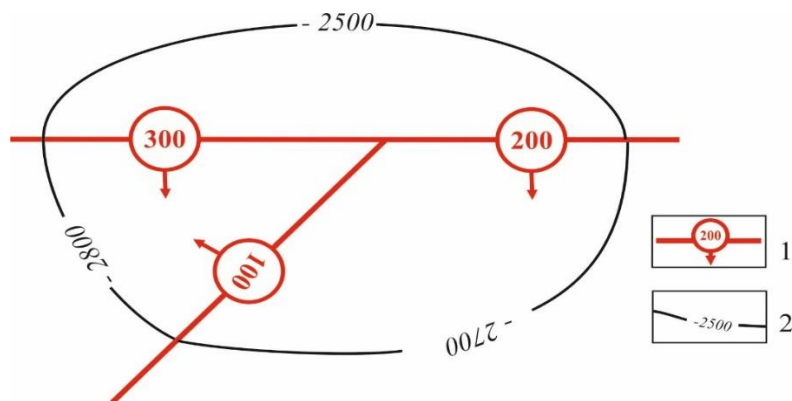
Бувають випадки, коли об'єми видобутих вуглеводнів перевищують об'єми пасток, карти ефективних товщин яких створені за даними інтерполяції значень свердловин. У цьому випадку необхідне розуміння загальної седиментаційної моделі колектора і на його основі – екстраполяція ефективних товщин на нерозбурені ділянки. Особливо це стосується етапу розвідки родовищ, коли невеликої кількості свердловин недостатньо для встановлення деталей морфології вузьких смуг, наприклад, алювіальних чи прибережних морських пісковиків. Подекуди смуги колекторів простягаються між свердловинами. Така ситуація у свій час склалася для покладу горизонту В-21 Липоводолинського родовища. Запаси вуглеводнів були прийняті на облік державного балансу, виходячи з моделі пастки, пов'язаної з породами-колекторами алювіального генезису.

Поширеною помилкою при побудові структурних моделей родовищ і покладів є відсутність ув'язки амплітуд тектонічних порушень, площини яких з'єднуються між собою. До прикладу, якщо до основного скиду амплітудою 200 м збоку підходить другорядний скид амплітудою 100 м, то амплітуда основного скиду за точкою зчленування порушень зростає до 300 м (рис. 5). Іншого варіанту не існує – це проста арифметика. Але не всі виконавці ГЕО цього дотримуються, неув'язка амплітуд порушень інколи перевищує двократну величину.



**Рис. 4. Карта ізопор (а) та геологічний розріз (б) пласта, що виклинується внаслідок розмиву:**

1 – номер свердловини/пористість пласта, м; 2 – ізопори, %; 3 – стратиграфічна незгідність; 4 – ізопора, що відповідає нижній границі пористості; 5 – продуктивна частина пласта

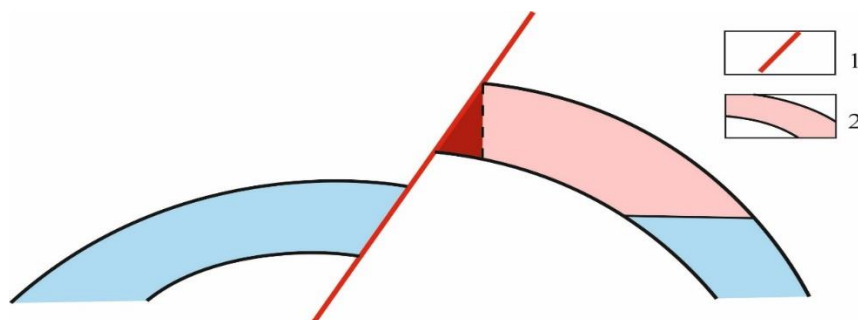


**Рис. 5. Схема ув'язки тектонічних порушень, які з'єднуються між собою:**

1 – скид з позначенням амплітуди, м; 2 – ізогіпси, м.

У покладах, приурочених до піднятих блоків скидів, в оцінці запасів не враховуються об'єми прирозломних частин покладів. Підрахунок запасів вуглеводнів здійснюється на основі структурної карти покрівлі покладу для площі, обмеженої лінією перетину розривного порушення з покрівлею пласта. Однак під площиною порушення об'єм пласта, заповнений вуглеводнями, не враховується, оскільки ізогіпси по площині порушення не будуються. Цю ситуацію демонструє рис. 6. Що більшою є ефективна товщина пласта і пологішою площина порушення, то більша кількість запасів залишається неврахованою.

Врахування викладених методичних прийомів у роботі виконавців ГЕО родовищ вуглеводнів сприятимуть підвищенню об'єктивності об'ємних моделей покладів і, як наслідок, – збільшенню достовірності оцінки запасів нафтових і газових родовищ.



**Рис. 6. Схема покладу в піднятому блоці скиду. Червоним зображена частина покладу, яка не враховується при підрахунку запасів вуглеводнів:**

1 – площина скиду; 2 – вуглеводневий поклад



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАСТОВИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СИСТЕМ

*Коваль В.І., к. тех. н., v.koval@brend-vikltd.com;  
Костенко Д.Т., к. геол. н., geolkostenko@gmail.com;  
ТОВ «БРЕНД-ВІК ЛТД», м.Київ, Україна*

В статті розглядається застосування нових методів комп'ютерного моделювання в галузі нафто- та газовидобування. Детально висвітлюється проблематика пов'язана з визначенням початкових параметрів пластових вуглеводневих систем, їх фазового стану фізичних властивостей та їх впливу на точність визначення величини запасів. Розглянуто застосування розроблених автором програмних комплексів та методик для вирішення цих проблем, описано використання гідродинамічного симулятора для прогнозування основних показників розробки.

## MATHEMATICAL MODELLING OF RESERVOIR HYDROCARBON SYSTEMS

*Koval V., Cand. Sci. (Eng.), v.koval@brend-vikltd.com;  
Kostenko D., Cand. Sci. (Geol.), geolkostenko@gmail.com;  
LLC «BREND-VIK LTD», Kyiv, Ukraine*

The article discusses the application of new computer modelling methods in the oil and gas industry. The article covers in detail the issues related to determining the initial parameters of reservoir hydrocarbon systems, their phase state of physical properties and their impact on the accuracy of determining the reserves. The application of software systems and methods developed by the author to solve these problems is considered, and the use of a hydrodynamic simulator to predict the main indicators of development is described.

Теорія і практика геолого-економічної оцінки початкових обсягів вуглеводнів (ВВ) потребує постійного вдосконалення. Зокрема, важливою є частина, що стосується визначення властивостей флюїдальних систем та оцінки дренажних обсягів ВВ за методом матеріального балансу.

Авторами розроблено шляхи вдосконалення вирішення визначених задач за допомогою програмного комплексу PVT-PRO для розрахунку фізичних властивостей та фазової рівноваги пластових вуглеводневих систем і розподілу компонентів цих систем у гравітаційному полі та комплексу тривимірного трифазного гідродинамічного моделювання ATLAS, що включає реалізацію математичних методів розрахунку фазової рівноваги пластових флюїдів. Запропоновано новий підхід до оцінки початкових запасів вуглеводнів за методом матеріального балансу що ґрунтується на сталості молей речовини.

Основні проблемні моменти, що виникають в процесі проектування розробки родовища та підрахунку запасів вуглеводнів (без врахування геофізичних та геологічних чинників):

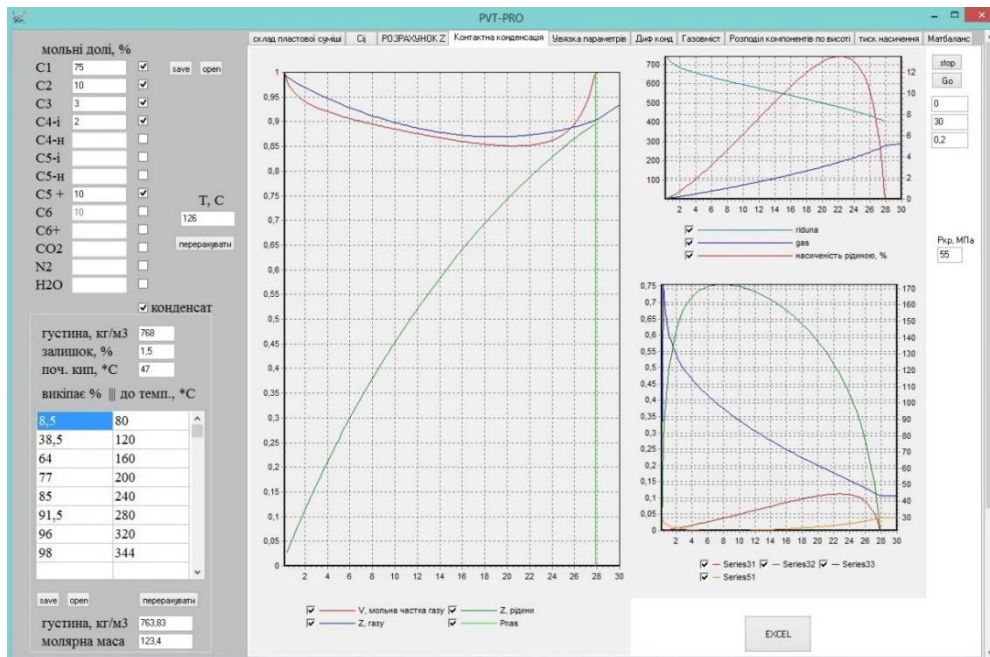
1. Достовірність та наявність достатньої кількості глибинних проб флюїдів та спосіб усереднення властивостей пластових флюїдів;
2. Відсутність лабораторних досліджень, що враховують одночасний відбір газової та рідинної фази та врахування зменшення початкового порового об'єму (пружність породи, ППТ) з частковим защемленням вуглеводнів за фронтом витіснення;
3. Прогнозування основних показників розробки статистичними (інтегральні та диференційні характеристики витіснення) та спрощеними математичними методами ("середня свердловина").

З метою розрахунку початкових параметрів пластових вуглеводнів розроблено програмний комплекс "PVT-PRO", що дає змогу з високою точністю моделювати складні багатоконпонентні вуглеводневі системи з високим вмістом не вуглеводневих компонентів таких як вуглекислий газ та азот. Він дає змогу здійснювати розрахунок густини речовини, молярної маси, коефіцієнту надстисливості, фазової рівноваги та моделювати процес контактної та диференційної конденсації та дегазації. Також можна здійснювати розрахунок тиску насичення та розподілу компонентів вуглеводневої суміші у гравітаційному полі.

Вхідними даними для моделювання пластової суміші є мольні концентрації компонентів, їх критичні параметри, ацентричні фактори та інші специфічні коефіцієнти, що є табульованими.



Параметри вуглеводнів, що в нормальних умовах перебувають у рідкому стані, перераховуються за результатами фракційної температурної розгонки. Контроль точності відтворення пластової суміші може бути здійснено за результатами розрахунку тиску насичення чи, наприклад, контактної конденсації (рис. 1).

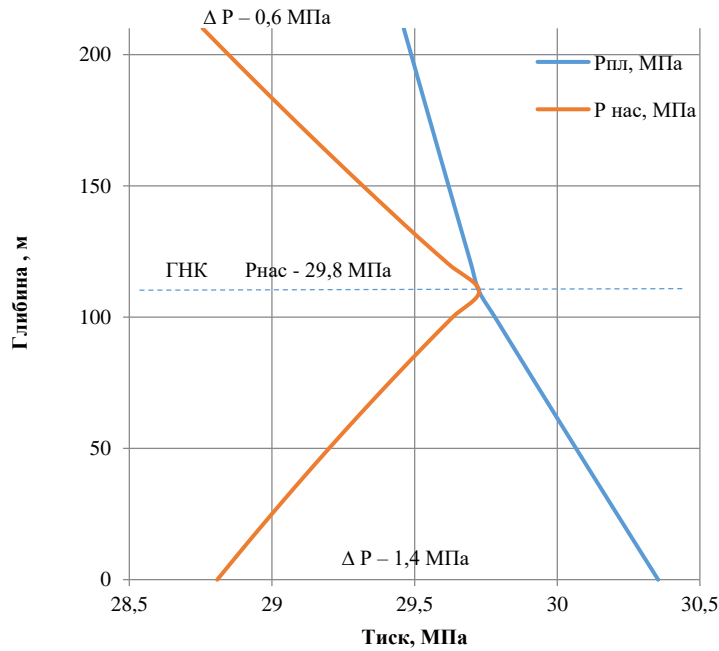


**Рис. 1. Приклад інтерфейсу комплексу PVT-PRO для розрахунку контактної конденсації**

Математичне моделювання покладів вуглеводнів, що перебувають на межі тиску насичення, таких як нафтовий поклад із "газовою шапкою" та газовий з нафтовою обляміркою, пов'язане з труднощами ув'язки фізичних властивостей пластових флюїдів та розбіжністю в результатах замірів глибинних проб по свердловинах. Те ж стосується покладів із значним поверхом нафтогазоносності, коли густини на компонентовміст пластового флюїду значно різняться за розрізом покладу.

Розглянемо випадок, який досить часто зустрічається в нафтопромисловій практиці, коли однією свердловиною розкрито газонасичену частину покладу, іншою – нафтову, причому газонафтовий контакт не підсічено жодною свердловиною і поверх нафтогазоносності становить декілька десятків метрів, поклад свердловинами розкрито у крайній верхній та нижній точках. У такому випадку, за результатами досліджень глибинних проб, відібраних у свердловинах, відзначатиметься розбіжність в значеннях тисків насичення, флюїди будуть недонасиченими, перераховані коефіцієнти конденсато- та газовмісту теж будуть відрізнятись. Наведені розбіжності та недостатня вивченість покладу можуть призвести до спроби здійснити розділення двох гідрогазодинамічних систем умовним порушенням чи інших способів їх ізоляції із метою ув'язки отриманих результатів досліджень, що буде достатньо правомірним з позиції класичних уявлень про складні багатокомпонентні системи. Адже загальноприйнятим вважається припущення про насиченість фаз на межі контакту, а отже, й рівність тисків насичення, які повинні бути рівними поточному пластовому.

З використанням комплексу PVT-PRO за реальними даними пластової нафти проведено розрахунки розподілу компонентів вуглеводневої системи зі зміною висоти та температури (рисунок 2).



**Рис. 2. Зміна пластового тиску та тиску насичення вуглеводневої системи з висотою**

З рис. 2 видно, що газ та нафта, які є насичені на межі контакту, при віддаленні від нього відразу стають недонасиченими. При піднятті відносно ГНК вгору відбувається зниження пластового тиску відповідно до гідростатичного стовпа газу, проте насиченість газу важкими вуглеводнями, а відповідно, і тиск насичення мають більший темп падіння. Таким чином, газ завжди буде недонасиченим, що унеможливує фазові переходи та випадіння з нього конденсату.

Обов'язковою умовою адекватної адаптації такої математичної моделі покладу є необхідність врахування перерозподілу компонентів системи у гравітаційному полі.

На основі описаного вище комплексу PVT-PRO та з врахуванням усіх труднощів пов'язаних з оцінкою початкових запасів розроблено методику матеріального балансу який ґрунтується на компонентовіддачі пласта. Запропонована методика є універсальною, так як незважаючи на режим розробки (пружний, розчиненого газу, змішаний тощо) та тип пластового флюїду (нафта чи газ) використовується одне і теж рівняння. Використання цієї методики даю змогу визначати початкові запаси пластових флюїдів та прогнозувати зміну пластового тиску в процесі розробки.

Кількість видобутих молей вуглеводнів визначають з наступного рівняння:

$$Q_{\text{вид.пр}} = \frac{Q_{\text{г}} \cdot (1 - n_{\text{н0}})}{0,02404} + \sum \frac{Q_{\text{рi}}}{M_{\text{i}} \cdot 0,001} \cdot n_{\text{с5}} + Q_{\text{защ}}, \quad (4)$$

де  $n_{\text{н0}}$  – частка важких вуглеводнів в початковій суміші, ч.од;

$Q_{\text{г}}$  – накопичений видобуток газу, м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{рi}}$  – видобуток рідких вуглеводнів на i-тому етапі, кг;

$M_{\text{i}}$  – молярна маса рідких вуглеводнів поточного складу видобутого на i-тому етапі, г/моль;

$Q_{\text{защ}}$  – загальна кількість защемлених молей вуглеводнів, моль;

$Q_{\text{вид.пр}}$  – загальна кількість видобутих молей вуглеводнів, моль.

Загальна кількість защемлених молей вуглеводнів  $Q_{\text{защ}}$  може бути розрахована на основі лабораторних досліджень або аналітичних моделей котрі враховують фазові проникності.

Побудована таким чином залежність узагальненого приведенного пластового тиску від накопиченого об'єму видобутих молей речовини буде описуватись прямою (рис. 3), що

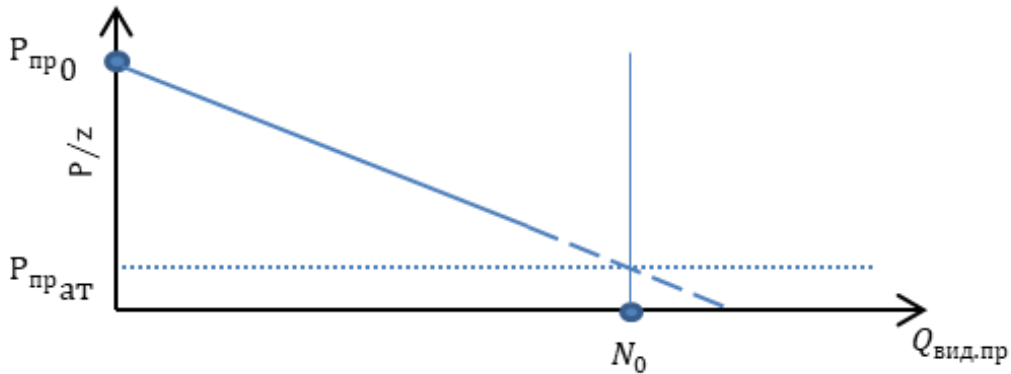
перетинає вісь ординат в точці початкового приведенного пластового тиску  $P_{пр0}$ , а вісь абсцис – в точці рівній нульовому пластовому тиску і описується рівнянням:

$$y = a \cdot x + b.$$

При цьому коефіцієнт  $b$  чисельно рівний  $P_{пр0}$ .

Для знаходження коефіцієнтів рівняння фактичні дані обробляються методом найменших квадратів з обов'язковою умовою проходження прямої через  $P_{пр0}$ .

Після знаходження початкової кількості молей здійснюють перехід до об'ємних (для газу) та масових (для конденсату та нафти) величин початкових запасів.



**Рис. 3. Залежність узагальненого приведенного пластового тиску від накопиченого об'єму видобутих молей речовини**

За знайденим коефіцієнтом "а" знаходять початкову кількість молей за рівнянням:

$$N_0 = (P_{пр0} - P_{пр.ат})/a. \quad (6)$$

$$P_{пр.ат} = \frac{0,1013}{Z_{ат}}, \quad P_{пр0} = \frac{P_0}{Z_0}. \quad (7)$$

$$Z_{ат} = \omega_{г.ат} Z_{г.ат} + (1 - \omega_{г.ат}) Z_{р.ат}, \quad (8)$$

де  $\omega_{г.ат}$  – мольна частка газової фази за пластової температури і атмосферного тиску, ч.од;

$Z_{г.ат}$ ,  $Z_{р.ат}$  – коефіцієнт надстисливості газової та рідиної фази за пластової температури і атмосферного тиску, відповідно, ч.од;

$Z_{ат}$ ,  $Z_0$  – коефіцієнт надстисливості за пластової температури і атмосферного та пластового початкового тиску, відповідно, ч.од;

Враховуючі світові досягнення в галузі гідродинамічного моделювання, розроблено конкурентоздатні програмні продукти, в яких використано сучасні методи математичного та гідродинамічного моделювання процесу розробки.

В розробленому автором програмному комплексі ATLAS в основу методу гідродинамічних розрахунків закладено модифіковану модель Маскета-Мереса, яка враховує тривимірну трифазну багатокомпонентну фільтрацію. Рух флюїдів розраховується згідно з узагальненим законом Дарсі без врахування капілярного тиску.

Застосована у програмі технологія паралельних розрахунків дає змогу використовувати для розрахунку довільну кількість системних процесорів (ядер), тобто максимально задіяти доступні системні ресурси.

Проведено порівняльні розрахунки з симулятором ECLIPSE 100 на плоских ізотропних моделях з регулярною сіткою.

Розрахунки проведено для 6 варіантів (таблиця 1):

- 3 варіанти розробки на виснаження з різною кількістю комірок та різними параметрами фазових проникностей;
- 3 варіанти розробки з ППТ шляхом нагнітання води з різними дебітами видобувної свердловини та розташуванням нагнітальної свердловини.

**Таблиця 1**

**Параметри тестових моделей за варіантами розрахунку**

Тип	Номер варіанту розробки	Параметри комірки	Початкова нафтонасиченість, ч. од	Кількість активних комірок, шт	Початкові запаси нафти, тис. т	Початкові запаси газу млн. м <sup>3</sup>	Дебіт нафтової св., т/д	Р <sub>в</sub> иб мін нафт., МПа	Дебіт нагнітальної св., м <sup>3</sup> /д	Р <sub>в</sub> иб мах нагн., МПа
Розробка на виснаження	1	25 x 25 x 2 м	0,8	4500	592	59,2	100	5	-	-
	2	25 x 25 x 1 м	0,8	9000						
	3	25 x 25 x 1 м	0,9	9000	666	66,6				
Розробка з ППТ	4	25 x 25 x 2 м	0,8	4500	592	59,2	82		200	45
	5									
	6*									

\*– варіант відрізняється розташуванням нагнітальної свердловини.

Порівняння основних показників розробки за варіантами наведено в табл. 2.

**Таблиця 2**

**Порівняння основних показників розробки за варіантами**

Варіант	Період розробки, міс	Накопичений видобуток нафти, тис. т		Відносна похибка, %	Накопичений видобуток газу, млн м <sup>3</sup>		Відносна похибка, %	Накопичений видобуток води, тис. т		Відносна похибка, %	Накопичене нагнітання води, тис. т		Відносна похибка, %
		eclipse	atlas		eclipse	atlas		eclipse	atlas		eclipse	atlas	
1	130	199,3	198,5	0,40	26,4	26,5	-0,38	-	-	-	-	-	-
2	112	192,4	190,7	0,88	26,9	26,9	0,00	-	-	-	-	-	-
3	63	125,2	123,5	1,36	33,0	33,5	-1,52	-	-	-	-	-	-
4	312	354,7	356,8	-0,59	35,47	35,68	-0,59	591,7	594,8	-0,52	1222	1300	-6,38
5	312	365,4	368,8	-0,93	36,54	36,88	-0,93	819,3	814,8	0,55	1465	1533	-4,64
6	312	289,8	290,7	-0,31	28,98	29,07	-0,31	925,5	924,2	0,14	1438	1490	-3,62

Отже, отримані на основі розроблених програмних комплексів результати моделювання процесу розробки газоконденсатного покладу як на виснаження пластової енергії так і з ППТ, є адекватними реальним процесам розробки та відповідають аналогічним в ECLIPSE 100.

Закладені в симулятор алгоритми та використання технології паралельних обчислень дають змогу швидко та точно розраховувати показники розробки та здійснювати оперативний контроль процесу газо– та нафтовилучення.

Наразі тривають роботи з покращення швидкодії розрахунку за рахунок впровадження набору інструкцій ASSEMBLER (AVX2, AVX512, FMA), розрахунку на відеоадаптері з використанням технології NVIDIA CUDA, а також розширення можливостей комплексу для композиційного моделювання (аналог ECLIPSE 300).

## ПРОМИСЛОВЕ ЗНАЧЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ ІЗ НЕЗНАЧНИМИ ЗАПАСАМИ

*Курило М.М.<sup>1</sup>, д. геол. н., marikurylo@meta.ua,*

*Фалькович О.Л.<sup>2</sup>, к. геол. н., falkovich.oleksii@gmail.com,*

*1 – ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Геологічна сервісна компанія, ГСК», Київ, Україна*

В роботі розглянуті передумови ефективної розробки залізрудних родовищ із незначними запасами. Визначено, що це найчастіше є об'єкти із залишковими запасами багатих залізних руд, які характеризуються високими концентраціями заліза. Систематизовано параметри кондицій для родовищ багатих залізних руд і визначені параметри кондицій, які можуть забезпечити рентабельну розробку об'єктів із незначними запасами. Рекомендованими параметрами кондицій для незначних запасів є бортовий вміст на рівні 50-52%, мінімальна потужність рудних покладів 10 м, мінімальна товщина пустих порід – 4 м. Також економічного обґрунтування потребує глибина відпрацювання запасів, яка не перевищує 500 м та граничний коефіцієнт розкриву, який визначає спосіб відпрацювання запасів.

## INDUSTRIAL SIGNIFICANCE AND EFFICIENCY OF THE DEVELOPMENT OF IRON ORE DEPOSITS WITH INSIGNIFICANT RESERVES

*Kurylo M.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*

*Falkovich O.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), falkovich.oleksii@gmail.com,*

*1 – Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,*

*2 – «Geology service group GSG» LLC, Kiev, Ukraine*

The study related to conditions for effective development of iron ore deposits with insignificant reserves. It was determined that these are most often objects with residual reserves of rich iron ores, which are characterized by high iron contents. Cut-off parameters for rich iron ore deposits have been systematized and parameters have been determined that can ensure cost-effective development of objects with small reserves. The recommended parameters of the cut-off parameters for insignificant reserves are the cut-off grade at the level of 50-52%, the minimum thickness of ore bodies is 10 m, the minimum thickness of empty rocks is 4 m. Also, the depth of development of reserves, which does not exceed 500 m, and the limit coefficient of overburden, which determines the method of working out stocks.

Залізрудна галузь України є однією із базових складових вітчизняної економіки, яка забезпечує істотну частку експортних поставок та валютних надходжень. Актуальність роботи зумовлена зовнішніми та внутрішніми факторами, які впливають на ефективність розробки родовищ залізистих кварцитів та багатих залізних руд України. Зовнішніми факторами є:

- розвиток нових металургійних технологій, зокрема, прямого відновлення заліза, які встановлюють інші вимоги до якості вихідної руди та концентратів;
- інтенсифікація попиту пов'язана з переходом до відновної енергетики, зокрема при виробництві акумуляторів, виробництві електромобілів та ін.;
- виснаження якісних світових запасів і порушення безпечних ланцюгів постачання залізрудної сировини спричинили історичні максимуми цін на залізну руду в 2020-2021 рр.

Результатом зростання попиту і ліквідності заліза є збільшення фактичних і прогнозних обсягів споживання при переході до відновної енергетики та нової металургії.

Внутрішніми факторами розвитку залізрудного комплексу є сучасний стан балансових запасів, кількість яких скорочується, а якість не стає кращою. За кількістю промислових запасів Україна тривалий період належить до десяти найбільших країн світу, але за якістю руди вітчизняних родовищ знаходяться на рівні нижче середнього серед країн – основних виробників залізрудної сировини. Це зумовлено залученням значної частки бідних руд – залізистих кварцитів, які потребують збагачення.

Аналіз якості товарної продукції вітчизняних залізрудних підприємств показав, що більшість вітчизняних підприємств виготовляють концентрат з вмістом 65-68 % заліза, залізрудні обкотиші із вмістом 60-65 % заліза. Товарна залізна руда випускається із вмістом 55-64% заліза. Такі якісні характеристики продукції відповідають вимогам до якості вихідної

сировини для виробництва чавуну. Нові технології виробництва гарячого брикетованого заліза HBI та прямого відновлення заліза DRI потребують якості 66-70 % та 65,5-69 % заліза у вихідній сировині. Таким чином, головним ускладненням для ефективного відпрацювання вітчизняних залізрудних родовищ є проблеми якості сировини.

Параметри кондицій на мінеральну сировину є головним інструментом геолого-промислового моделювання родовищ корисних копалин, які містять необхідний перелік граничних показників для ефективної розробки родовища. Параметри містять перелік граничних показників, із застосуванням яких досягається найбільш вичерпне, раціональне та безпечне використання запасів рудних родовищ. Як правило, встановлюють не 1-2, а 4-10 граничних параметрів, які в сукупності дають такий ефект.

Параметри кондицій для залізрудних родовищ використовують на усіх стадіях геологічного вивчення і освоєння: попередні і тимчасові кондиції – на стадії пошуків, постійні кондиції – на стадії розвідки і експлуатації, оперативні кондиції – за умови істотної непередбачуваної зміни гірничо-геологічних або економічних умов експлуатації.

**Таблиця 1**

**Напрями обґрунтування при виборі кондицій на мінеральну сировину**

Обґрунтування кондицій	Основні параметри кондицій, які обґрунтовують
Геологічне	Умови залягання, особливості внутрішньої будови, мінливості рудних покладів, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов розробки, просторове положення рудних тіл, закономірності розподілу якості руд, їх технологічних типів і сортів
Гірничотехнічне	Вибір способу і системи розробки родовища, вибір системи розкриття рудних тіл, вибір технологічної схеми переробки, максимальний рівень вилучення основних та супутніх корисних компонентів. Визначення виробничої потужності і терміну відпрацювання запасів, вибір видів гірничодобувного обладнання, засобів механізації, інших проектних рішень, обґрунтування розмірів втрат і ступеня розубожування корисних копалин
Екологічне	Граничний вплив на складові довкілля, оцінка асиміляційного потенціалу території і геологічного середовища Комплексність розробки
Економічне	Обсяги видобутку і виробництва товарної сировини, структура товарної продукції, капіталовкладення і собівартість, вартість і рентабельність відпрацювання запасів корисної копалини

Для обґрунтування кондицій проводять варіативні техніко-економічні розрахунки, які фіксують максимальний економічний ефект для окремого комплексу показників. Показники і параметри кондицій характеризуються значними залежностями (прямим і оберненими) між собою. Так, при зміні бортового вмісту корисного компоненту і мінімальної потужності рудних тіл істотно змінюються інші геолого-промислові і техніко-економічні параметри (величина запасів, їх якість, обсяги капіталовкладень, можливі коливання виробничої потужності по видобутку руди та ін.). Більшість параметрів кондицій визначаються чисельними поваріантними розрахунками, які спрямовані на виявлення закономірних зв'язків між геологічними, технічними, економічними показниками [2].

Об'єктом даного дослідження є промислові запаси залізрудних родовищ з незначними запасами, які найчастіше є виокремленими ділянками надр вже відомих родовищ або об'єкти із залишковими запасами багатих залізних руд, які характеризуються високими вмістами заліза. Багаті руди, вміст заліза в яких становить від 46 до 70 %, переважно є магнетитовими, гематитовими й мартитовими.





**Рис. 1 Градація залізорудних родовищ за величиною запасів (млн т) відповідно до [1, 3]**

*Параметри якості залізних руд, які прийняті у вітчизняній практиці [2]:*

1. Мінімальний промисловий вміст заліза магнітного (для запасів магнетитових кварцитів), і заліза загального – для багатих руд. Параметр застосовується до підрахункових блоків і розмежовує балансові і позабалансові запаси.
2. Бортовий вміст заліза магнітного (для запасів магнетитових кварцитів), і заліза загального – для багатих руд. Параметр для оконтурення рудних покладів, як правило застосовують до крайових перетинів, крайової проби, для визначення зовнішніх контурів рудних тіл. Бортовий вміст заліза використовують за умови відсутності чітких геологічних меж рудного тіла.
3. Мінімальний вміст корисного компонента в крайовому перетині - граничний вміст корисного компонента в крайовому перетині продуктивного покладу, що включається до підрахунку запасів під час оконтурювання продуктивного покладу за падінням і простяганням за межами гірничих виробок [2].
4. За умови наявності супутніх цінних компонентів в залізних рудах встановлюють коефіцієнти переходу від основного до супутніх компонентів.
5. Граничний вміст шкідливих домішок.
6. Умови виділення типів і сортів залізних руд для селективного видобутку, якщо вони мають різні технологічні властивості.
7. Для багатих залізних руд і родовищ дуже складної будови із складними закономірностями розподілу корисного компоненту можуть встановлювати мінімальний коефіцієнт рудоносності в підрахунковому блоці.
8. Мінімальні потужність тіл корисних копалин або відповідний мінімальний метро-процент.
9. Максимально припустима потужність прошарків пустих порід або некондиційних руд, які включаються в підрахунковий контур запасів .
10. Мінімальні запаси ізольованих тіл корисних копалин.
11. Максимальна глибина підрахунку запасів
12. Граничний коефіцієнт розкриву.

На сьогоднішній день бортові вмісти заліза пов'язаного з магнетитом для вітчизняних родовищ залізистих кварцитів коливаються в значних межах від 10 до 20%. Для багатих залізних руд, які розробляються підземним способом найчастіше бортовий вміст знаходиться в межах 46-48%, що забезпечує достатньо ефективну розробку родовищ.

Наступним традиційним параметром, який включається при підрахунку запасів є мінімальна потужність рудного тіла та максимальна потужність міжрудних прошарків некондиційних руд і пустих порід, що включаються в підрахунок запасів. Для родовищ, які розробляються відкритим способом цей параметр, в більшості випадків прийнято на рівні 10 м,

що зумовлено гірничо-технічними проєктними рішеннями, які оптимізують втрати і засмічення руди.

Для багатих залізних руд мінімальна потужність рудного тіла приймається на рівні 4 м, максимальна потужність міжрудних прошарків некондиційних руд і пустих порід, що включаються в підрахунок запасів – 6м. Виключенням є родовища Запорізького залізорудного комбінату, Південно-Білозерське та Переверзівське, де встановлено мінімальна потужність рудного тіла – 2.5 м, максимальна потужність міжрудних прошарків некондиційних руд – 10м.

Проєктна глибина підрахунку запасів для родовищ, які розробляються відкритим способом складає 500-700 м, для родовищ із підземним видобутком – глибина підрахунку балансових запасів - 1500м -1600 м, хоча зустрічаються і більші глибини для запасів із невизначеним промисловим значенням.

Нижче в таблиці наведено зведені параметри кондицій для підрахунку балансових запасів залізорудних родовищ, які розробляються підземним способом та родовищ із незначними запасами, які можуть розроблятися і відкритим, комбінованим чи підземним способом в залежності від визначення граничного коефіцієнту розкриву.

**Таблиця 2**

**Зведені параметри кондицій для підрахунку балансових запасів залізорудних родовищ**

Родовища	Бортний вміст заліза %	Мінімальна потужність рудного тіла, що включається в підрахунок запасів	Максимальна потужність міжрудних прошарків некондиційних руд і пустих порід, що включаються в	Глибина підрахунку, м
<b>Родовища багатих руд (підземний спосіб)</b>				
Середнє значення	46,8	5,5	7,0	1560,0
Мінімальне значення	46	4	6	1200
Максимальне значення	48	10	10	2015
<b>Родовища багатих руд із незначними запасами</b>				
Середнє значення	52	10	4	500
Мінімальне значення	50		2	
Максимальне значення	54		6	1000

Рекомендованими параметрами кондицій для незначних запасів є бортний вміст на рівні 50-52%, мінімальна потужність рудних покладів 10 м, мінімальна товщина пустих порід – 4 м. Також економічного обґрунтування потребує глибина відпрацювання запасів, яка не перевищує 500 м та граничний коефіцієнт розкриву, який визначає спосіб відпрацювання запасів.

Оскільки термін забезпеченості запасами для родовищ із незначними кількостями запасів значно менше ніж для звичайних родовищ, то показники капітальних і експлуатаційних витрат та доходів від реалізації продукції повинні забезпечити дещо кращі показники ефективності: термін окупності капіталовкладень – 1-1.5 роки, коефіцієнт рентабельності 20-30%.

**Список використаних джерел:**

1. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ руд чорних металів (заліза, марганцю та хрому)// <https://dkz.gov.ua/ua/diyalnist/normativno-pravova-baza>

2. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. Державна комісія України по запасах корисних копалин. 2005// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0065-06/card2#Card>

3. Постанова КМУ Про затвердження критеріїв, за якими визначаються незначні запаси корисних копалин// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1257-2000-%D0%BF#Text>

## **ГЕОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ АБО ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ПОВТОРНОЇ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ НАФТИ І ГАЗУ**

*Федів І.Я., Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,  
ПАТ «Укрнафта», м. Івано-Франківськ, Україна*

В роботі розглянуто основні геологічні показники або передумови для повторної геолого-економічної оцінки. Узагальнення зроблені на підставі результатів виконаних повторних геолого-економічних оцінок в період з 2000 року, які затверджені в ДКЗ. Аргументовано необхідність застосування єдиного підходу, щодо визначення контуру родовища по відношенню до структурно-тектонічного районування та відповідність його межах наданого спеціального дозволу на користування надрами, а також запропоновано представлення результатів повторної оцінки в скороченому варіанті.

## **GEOLOGICAL INDICATORS OR REQUIREMENTS FOR REPEATED GEOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF OIL AND GAS**

*Fediv I., Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,  
JSC «Ukrnafta», Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The paper examines the most important geological indicators or conditions for repeated geological and economic evaluation. The generalizations are based on the findings of repeated geological and economic evaluations conducted since 2000 and certified by the State Commission of Ukraine on Mineral Resources. It is argued that a unified approach to determining the contour of the deposit in relation to structural and tectonic zoning, as well as its compliance with the boundaries of the granted special permit for subsoil use, is required, and it is proposed to present the repeated evaluation results in an abbreviated version.

Майбутній успішний розвиток економіки України можливий при належному використанні вуглеводнів власних родовищ. В теперішній час через військову агресію і окупацію частини території видобуток власних корисних копалин знизився, а геологорозвідувальні роботи виконуються у недостатній кількості. Перед повномасштабним вторгненням російських окупантів Україна досягла значних успіхів щодо залучення іноземних інвесторів з усього світу до участі в проєктах розвідки та розробки українських родовищ корисних копалин. Напрацьовано сучасні підходи щодо оцінки конкретних ділянок надр за їх економічною доцільністю освоєння та геологічною і екологічною вивченістю запасів. На порядку денному стояли завдання розвитку геологічної галузі з впровадженням найпередовіших наукових досягнень у геологічне вивчення надр та раціональне використання мінерально-сировинних ресурсів в контексті досягнення амбітних цілей стійкого розвитку територій і суспільства.

Системний аналіз результатів геологічного й техніко-економічного дослідження запасів і ресурсів корисних копалин у родовищах з метою встановлення або зміни їх промислового значення, визначення економічної ефективності видобувної діяльності є завданнями геолого-економічної оцінки (ГЕО). В теперішній час для більшості родовищ виконується повторна ГЕО. В даній роботі узагальнено геологічні показники, а також передумови для повторної ГЕО нафти і газу за результатами виконання робіт з ГЕО понад 50 родовищ впродовж з 2000 року до теперішнього часу.

Найважливішими характеристиками родовищ вуглеводнів у надрах є якість і кількість корисних копалин. Власне якість корисних копалин визначається сукупністю хімічних, фізичних і технологічних характеристик, які забезпечують можливість та ефективність їх використання. Кількість корисних копалин у надрах визначається їх масою. Ці два показники взаємопов'язані, вони визначають результати ГЕО. У ході виконання детальної ГЕО розробляються постійні кондиції, що визначають ефективність промислового освоєння родовища (покладу). Показниками кондицій є характеристики фільтраційно-ємнісних властивостей продуктивних колекторів, вуглеводневих флюїдів, умов залягання продуктивних покладів родовищ, які істотно впливають на вибір технологічних схем видобутку і використання

вуглеводнів, техніко-економічну ефективність виробничого процесу та фінансові результати реалізації товарної продукції.

Діяльність ПАТ "Укрнафта" в теперішній час пов'язана з веденням промислового видобутку вуглеводнів на 90 родовищах нафти і газу. Найстарішими родовищами, які відкриті ще в минулому столітті є Бориславське (1860 р.), Ріпнянське (1887 р.), Стрільбицьке (1860 р.), Східницьке (1872 р.). Битків-Бабченське (1870 р.). За період їх розробки (понад 150 років) на родовищах проведено чимало підрахунків запасів. Тому питання достовірності оцінених запасів, обґрунтування методу підрахунку запасів, методики обґрунтування параметрів та встановлення вагомості геологічних чинників або передумов для повторної ГЕО на даний час безперечно є актуальним.

Повторна ГЕО базується на вже існуючій геологічній моделі родовища. Ця модель на даний час "діюча" та затверджена ДКЗ і запаси вуглеводнів обліковані на балансі. В результаті переоцінки коригується модель, на основі нових даних отриманих як в процесі довивчення родовища та і за даними промислової розробки. Раніше повторна економічна оцінка передбачала врахування часового аспекту, вона проводилась з періодичністю через п'ять років. Однак такі нормативи надрокористування не знайшли впровадження в Україні.

Згідно діючого положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин, державна експертиза та оцінка запасів родовищ корисних копалин проводиться у разі перегляду вимог стандартів щодо кількості або якості корисних копалин, технології їх переробки. Це призводить до зменшення сумарних розвіданих запасів більш як на 20 відсотків або зростання їх обсягу більш як на 50 відсотків. Запаси родовищ, що розробляються, підлягають повторній експертизі та оцінці, якщо внаслідок гірничодобувних або додаткових геологорозвідувальних робіт сумарні розвідані запаси зростають більш як на 50 відсотків порівняно з раніше оціненими ДКЗ корисних копалин або якщо списані та передбачені для списання розвідані запаси як такі, що не підтвердилися чи недоцільні для видобутку за техніко-економічними умовами родовищ, перевищують встановлені законодавством нормативи. Такі передумови очевидно будуть мати значні часові рамки. Повторна державна експертиза і оцінка запасів родовищ вуглеводнів проводиться за рішенням надрокористувача з урахуванням даних експлуатаційного буріння і, в окремих випадках, додатково пробурених розвідувальних свердловин, з метою переведення запасів у більш високі класи та категорії, уточнення запасів нафти, газу і конденсату.

Хронологічно від початку відкриття родовища до теперішнього часу суттєво змінилися погляди на геологічну будову родовищ. Її спрощене прийняття в минулому, змінювалось в ході узагальнення результатів проведених геологорозвідувальних робіт, а також отриманих геолого-геофізичних даних про геологічну будову родовищ. Відкриттю родовищ слугували насамперед прямі ознаки нафтогазоносності, а саме виходи нафти на поверхню. Тектонічна порушеність приповерхневих комплексів порід формувала шляхи міграції вуглеводнів на поверхню. Відкритість пасток та відсутність надійних покришок акумулювали нафтові скупчення, що були легко доступні.

Діючі нафтові родовища Західного регіону об'єднують в собі різні тектонічні елементи, що визначені сучасними загальноприйнятими тектонічними схемами будови Українських Карпат. Наприклад, загальний розкритий розріз родовищ Бориславського складає близько 3 км, Битків-Бабченського – 2,5 км, відкриті поклади різних структурно-тектонічних зон, а саме Скибової зони Складчастих Карпат та групи складок першого і другого ярусу Внутрішньої зони Передкарпатського передового прогину.

Для Східного нафтогазопромислового регіону формування родовищ нафти і газу характеризується синхронним утворенням нафтогазоносних комплексів, наявністю локальних антиклінальних структур, пасток і скупчень вуглеводнів, а також певними віковими етапами формування. Пастки більш чітко підпорядковуються зональності структурно-тектонічних елементів виявлених у основі осадового комплексу порід.

Серед великої кількості геологічних показників на промислове значення родовища найбільше впливають глибина залягання продуктивних товщ, товщина колекторських

різновидів, фізичні властивості порід, морфологія покладів, структурно-тектонічні особливості, розміри родовища та багато інших особливостей характерних для різних родовищ. Аналізуючи відмінності моделей геологічної будови родовищ в часі, представлених у підрахунках запасів попередніх років і <sup>2</sup>діючих<sup>2</sup>, відмічаємо насамперед зміну основних геологічних показників, що є передумовою для проведення повторної оцінки, а саме:

1. Геометризація родовища, тобто оконтурення родовища, здебільшого не відповідає встановленим контурам покладів на родовищі. Ця невідповідність підтверджується, виявленням нових підрахункових об'єктів або відокремленням частин покладів як окремих самостійних об'єктів. Додатковим вивченням положення контакту на родовищі і його деталізацією для окремих об'єктів підрахунку.

2. Деталізація продуктивної товщі, розукрупнення підрахункових об'єктів, виділення в продуктивній товщі окремих об'єктів, що контролюються пастками та наявністю в них покладів. В деяких випадках виявлення нових, які були опущені через незначні припливи або мали непромислове значення.

3. Уточнення тектонічного каркасу та виділення в межах підрахункових об'єктів окремих тектонічних блоків, які поділені на ділянки і розбиті системою як поперечних так і повздовжніх порушень. Наявність в межах окремих тектонічних блоків окремих гідродинамічних систем. Вплив сил на врівноваження гідродинамічної системи та замкнутість системи. Регіональне розташування родовища по відношенню до загального структурного-тектонічного районування.

4. Обґрунтування та уточнення підрахункових параметрів вуглеводневих систем на основі відтворення історії розробки та визначення їх початкової величини, що в більшості випадків не було проведено на початкових етапах. Обґрунтування параметрів окремо для кожного об'єкту підрахунку, визначення середніх чи середньозважених значень.

Загалом саме ці чотири основні геологічні показники, зміна яких, на нашу думку, є підставою для повторної ГЕО. Для більшості з них переоцінка в майбутньому можлива при впровадженні нових поглядів утворення самих структурно-тектонічних елементів того чи іншого локального підняття, формування самих пасток і скупчень вуглеводнів, збільшення глибинності досліджень. Однак реалізація їх можлива тільки з впровадженням сучасних новітніх наукових досягнень у геологічне вивчення надр, що на даному етапі є не на часі через воєнний стан.

Актуальним питанням надрокористування є цілісність оконтурення родовища або відповідність меж спеціального дозволу на користування до загального контуру запасів родовища. Це питання виникло у ході узагальнення рекомендацій ДКЗ щодо подальших робіт на родовищі з приведення меж контурів запасів до меж спеціального дозволу. Виконані ГЕО запасів вуглеводнів, починаючи з 2010 року, вже включають в себе розрахунок запасів в межах спеціального дозволу на користування надрами і за межами. Раніше виконані ГЕО (до 2010 р.) не місять такого розрахунку запасів за межами спеціального дозволу. Відповідно метою повторної переоцінки має бути виконаний перерозподіл величини запасів в межах і за межами та затверджений в ДКЗ. Варто звернути увагу на те, що є родовища частина запасів яких за межами спеціального дозволу перекривається спеціальним дозволом іншого надрокористувача. Тому вирішення питання ускладнюється через наявність в межах родовища ділянок інших надрокористувачів.

Зазначимо, що немає єдиного підходу щодо надання спеціального дозволу на родовище з врахуванням його природних меж, як частину надр, що визначаються контурами розвіданих і попередньо розвіданих запасів та ресурсів, які зведені в загальний контур. Адже родовище може бути представлене сукупністю покладів нафти і газу, що відносяться до однієї або декількох пасток у надрах земної кори однієї і тієї ж обмеженої географічної площі. Родовище може бути представлене єдиним покладом, а економічна доцільність його промислової розробки доведена техніко-технологічними показниками. Виконання повторної ГЕО з метою перерозподілу величини запасів в межах і за межами спеціального дозволу для таких родовищ повинно мати скорочений варіант аби спростити надрокористувачу <sup>2</sup>надскладну<sup>2</sup> систему розширення спеціального дозволу і приведення контурів запасів до меж спеціального дозволу. Обумовлено

це тим, що геологічна модель родовища залишається незмінною, а отримані геолого-промислові дані та вторинні процеси експлуатації від дати останньої затвердженої ГЕО родовища не впливають на величину запасів. Перегляд вимог до змісту звітів з повторної ГЕО родовищ нафти і газу має врегульовувати виникаючі, сучасні проблеми в галузі геологічного вивчення і надання надр у користування. Виникає необхідність застосування скороченого подання звіту, як способу для різнобічного, актуального на даному етапі представлення повторної ГЕО, з уже відомими вивченими геологічними умовами залягання родовищ вуглеводнів та актуалізація правових, технологічних, економічних умов їх розробки, а також техніко-економічного аналізу ефективності промислового освоєння нафтогазоносних ділянок надр, що надаються у користування. Очевидно є безпідставним подання розширеного кола геологічних питань, згідно нормативних документів виконання ГЕО, які висвітлені у попередніх звітах з підрахунку запасів вуглеводнів, що пройшли державну експертизу. Повторення раніше висвітленої інформації всіх розділів згідно нормативів (інструкцій), а також дублювання табличного і графічного матеріалу, на нашу думку, є недоцільним. Воно тільки збільшить затрати часу фахівців та ресурсів і обсяг звітів, які передаються на постійне зберігання в ДНВП <sup>2</sup>Геоінформ.<sup>2</sup> Це суперечить досягненню анонсованих цілей представлення звітів ГЕО з оптимізацією їх обсягів.

Оскільки більшість повторних ГЕО (наприклад, перерозподіл величини запасів в межах і за межами спеціального дозволу) включають в себе вирішення окремих геологічних задач, при незмінній, а також затвердженій в ДКЗ моделі, то відповідно звіт з геологічного вивчення має мати скорочену форму і стосуватися тільки тих питань, які необхідно вирішити. В інших випадках звичайно повторна ГЕО має відповідати всім нормативно-правовим актам в сфері надрокористування.



## **МЕТОДИ ВРАХУВАННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРИ ОСВОЄННІ ВІТЧИЗНЯНИХ РОДОВИЩ КАРБОНАТНИХ ПОРІД**

*Майборода Є.І.<sup>1</sup> mayboroda1986@gmail.com,  
Ольшєвська А.Ю.<sup>1</sup>, anya.olshevskaya06@gmail.com,  
Курило М.М.<sup>2</sup>, д. геол. н., доцент, kurilo@mail.univ.kiev.ua,  
1 – ТОВ «Геопроф», м. Київ, Україна,*

*2 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна*

В даній роботі пропонується використання методик оцінки геологічних ризиків при освоєнні вітчизняних родовищ карбонатних порід і приклад розрахунку для одного з родовищ Херсонської області. Запропоновано ранжування геологічних ризиків непідтвердження кількості і якості запасів карбонатної сировини для вітчизняних родовищ. Серед важливих складових ризиків гірничого бізнесу геологічний ризик непідтвердження запасів присутній у 100% проєктів, в тому числі для родовищ карбонатної сировини. Базовими складовими геологічного ризику, який призводить до непідтвердження запасів карбонатних порід в порядку зменшення вірогідності є: мінливість (зростання) прошарків пустих порід – ймовірність реалізації ризику 23%; втрата якості – 17%; мінливість потужності корисної копалини – 15%; зростання коефіцієнту розкриття – 10%; втрати корисної копалини при закарстованості – 8%. Загальний геологічний ризик для вибірки родовищ карбонатної сировини, які розглядаються в роботі має значення ймовірності реалізації від 1% до 34%, в середньому складає 13,5%.

## **METHODS OF GEOLOGICAL RISK ASSESSMENT DURING DEVELOPMENT OF DOMESTIC DEPOSITS OF CARBONATE ROCKS**

*Mayboroda E.<sup>1</sup>, mayboroda1986@gmail.com,  
Olshevska A.<sup>1</sup>, anya.olshevskaya06@gmail.com,  
Kurylo M.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Associate Professor, kurilo@mail.univ.kiev.ua,  
1 – LLC «Geoprof», Kyiv, Ukraine,*

*2 – Taras Shevchenko Yational University of KYIV*

This paper offers an overview of methods for assessing geological risks in the development of domestic deposits of carbonate rocks and an example of calculation for one of the deposits of the Kherson region. The ranking of geological risks of non-confirmation of the quantity and quality of reserves of carbonate rocks for domestic deposits is proposed. Among the important component risks of the mining business, the geological risk of unconfirmed reserves is present in 100% of projects, including for deposits of carbonate raw materials. The basic components of the geological risk, which leads to the unconfirmation of carbonate rock reserves in order of decreasing probability, are: variability (growth) of layers of empty rocks – the probability of realizing the risk is 23%; loss of quality – 17%; variability of the mineral ore bodies thickness – 15%; increase in the opening factor - 10%; loss of minerals in the case of karstification – 8%. The general geological risk for the sample of deposits of carbonate raw materials considered in the work has a value of the probability of realization from 1% to 34%, on average it is 13.5%.

Актуальність геолого-економічної переоцінки запасів карбонатної сировини пов'язана із наступними аспектами: 1) істотні зміни у структурі запасів вапняків, що спричинено обмеженим доступом родовищ Донбасу і Криму, де зосереджені запаси із якісною сировиною та сприятливими гірничо-геологічними умовами розробки споживання; 2) необхідність врахування геологічних та гірничих ризиків при проведенні геолого-економічної оцінки, які для родовищ карбонатних порід мають свою специфіку. Крім цього, у вітчизняному та міжнародному масштабі відбулось підвищення вимог промисловості до якості карбонатної сировини у зв'язку із залученням нових технологічних процесів у металургії. Ці фактори зумовлюють необхідність і актуальність систематизації параметрів кондицій для підрахунку карбонатної сировини, визначення і застосування інструментів врахування геологічних ризиків і в результаті проведення геолого-економічної переоцінки родовищ вапняків із застосуванням вдосконалених методик.

Всі ризики промислового освоєння родовищ корисних копалин класифікують за джерелами виникнення небезпек і можливих негативних подій, які можуть призвести до призупинення або припинення реалізації гірничого проєкту.

Обов'язковою складовою ризику гірничого бізнесу, який пов'язаний з дискретністю геологічної інформації, є геологічний ризик.

Методики врахування ризиків при проведенні ГРР висвітлюються в небагатьох роботах з геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин [1-3]. Врахування всіх зазначених складових ризику при проведенні детальної геолого-економічної оцінки, як правило, проводиться із встановленням певного значення норми дисконту, яка розраховується як вартість власного капіталу інвестора та надбавка за ризик специфічна для конкретного проекту. Ступінь невизначеності кількісно можна визначити через коефіцієнт варіації ресурсів. Для відносно добре вивчених об'єктів він невеликий – 0-0,2, для середньовивчених – 0,1-0,4, для маловивчених – від 0,3 до 1 і більше. Інтервали значень перетинаються, оскільки залежать від складності геологічної будови об'єкту [2]. Порівнюючи розраховану таким чином міру невизначеності локальних об'єктів між собою, можна ранжувати ці об'єкти за ступенем геологічного ризику.

За переліченими показниками було проведено оцінку ризиків непідтвердження якості корисної копалини на прикладі однієї з ділянок Бериславського родовища вапняків. Вихідні дані та результати розрахунків приведені на рис. 1 та в табл. 1.

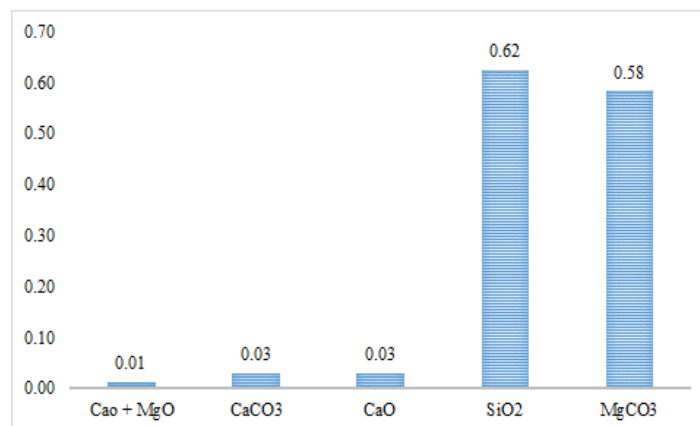


Рис. 1. Розподіл коефіцієнтів варіації вмісту корисних і баластних компонентів

Таблиця 1

Розподіл коефіцієнтів варіації  $K_v$  вмісту компонентів літологічним різновидам

Опис породи по геологічній відомості	Хімічний склад в %				
	в. п. п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Вапняк оолітовий	42.8	1.14	0.43	0.47	53.3
Вапняк пелітоморфний, черепашковий	42.02	2.08	1.52	0.58	51.7
Вапняк черепашковий	41.56	2.31	1.85	0.52	52.4
Вапняк черепашковий	42.92	0.78	0.7	0.4	52.8
Вапняк вивітрілий	38.32	5.93	5.73	1.68	47.6
Вапняк оолітовий	39.97	2.69	3.96	1.06	50.4
Вапняк оолітовий, черепашковий, пелітоморфний	42.73	1.14	1.59	0.36	52.8
Вапняк оолітовий	41.73	1.58	2.66	0.79	52.3
Вапняк оолітовий, пелітоморфний	41.72	1.57	2.6	0.45	51.6
Вапняк оолітовий	42.42	1.77	2.33	1.09	47.6
Вапняк пелітоморфний черепашковий	41.07	4.08	1.52	1.1	50.5
Вапняк пелітоморфний, оолітовий, черепашковий	43.12	2.74	1.09	0.51	50.9
<b><math>K_v</math> ч.од.</b>	0.03	0.62	0.68	0.54	0.04

За результатами розрахунків ділянка, яка оцінюється має невеликі ризики втрати якості, що забезпечується рівномірним розподілом корисного компоненту. Негативні наслідки може мати коливання вмістів SiO<sub>2</sub> та MgCO<sub>3</sub>, оскільки для цього родовища і так фіксуються підвищені суми масових часток SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при оцінці сировини як флюсової. Зростання вмісту SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 3,23-4 % вимагає збільшення розходу залізовмісних матеріалів на агломерацію. За

літологічними різновидами найбільші ризики непідтвердження якості зафіксовані для вапняків оолітових та вапняків пелітоморфних черепашкових.

Таким самим чином буди оцінені показники якості усіх родовищ вибірки карбонатної сировини із визначенням варіативності значень. Результати наведені в наступній табл. 2.

**Таблиця 2**

**Коефіцієнти варіації вмісту корисних і баластних компонентів  
для родовищ карбонатних порід**

Хімічний склад в %	Коефіцієнти варіації, %		
	min	max	середнє
CaO+MgO	0.5	7	3.5
CaO	0.2	4.3	3
CaCO <sub>3</sub>	0.27	5.6	4.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	1	70	32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	62	27
SiO <sub>2</sub>	1	65	29
Сумарний показник, %	1	35.5	17

Для оцінки ймовірності реалізації інших видів геологічного ризику були визначені показники варіативності за наступними складовими, які наведені в табл. 3. Наведені показників розраховані за значеннями відповідних коефіцієнтів варіації в межах вибірки.

**Таблиця 3**

**Вірогідність геологічного ризику непідтвердження запасів  
для родовищ карбонатних порід**

Складові геологічного ризику непідтвердження запасів	Вірогідність оцінки, %		
	min	max	середнє
Втрата якості, %	1	35,5	17
Мінливість потужності корисної копалини, %	2	42	15
Мінливість (зростання) прошарків пустих порід, %	1	57	23
Втрати корисної копалини при закарстованості, %	0	25	8
Втрати корисної копалини при глинистості, %	0	19	6,5
Зростання коефіцієнту розкриву, %	1	27	10
Сукупний ризик, %	1	34	13.5

Базовими складовими геологічного ризику, який призводить до непідтвердження запасів карбонатних порід є (в порядку зменшення вірогідності):

- Мінливість (зростання) прошарків пустих порід
- Втрата якості
- Мінливість потужності корисної копалини
- Зростання коефіцієнту розкриву
- Втрати корисної копалини при закарстованості.

Вірогідність реалізації окремо кожної з складових складає більше 5% і перевищує рекомендовані значення відхилення для розвіданих запасів.

Сукупний геологічний ризик для опрацьованих родовищ карбонатної сировини має значення ймовірності реалізації від 1% до 34%, в середньому складає 13.5%.

Для визначення впливу геологічних ризиків на вартість запасів був проведений перерахунок показників ЧДГП на прикладі Архангельського родовища вапняків (рис. 2). Для врахування визначених ризиків обґрунтовано ставку дисконтування для родовищ карбонатних порід (табл. 4).

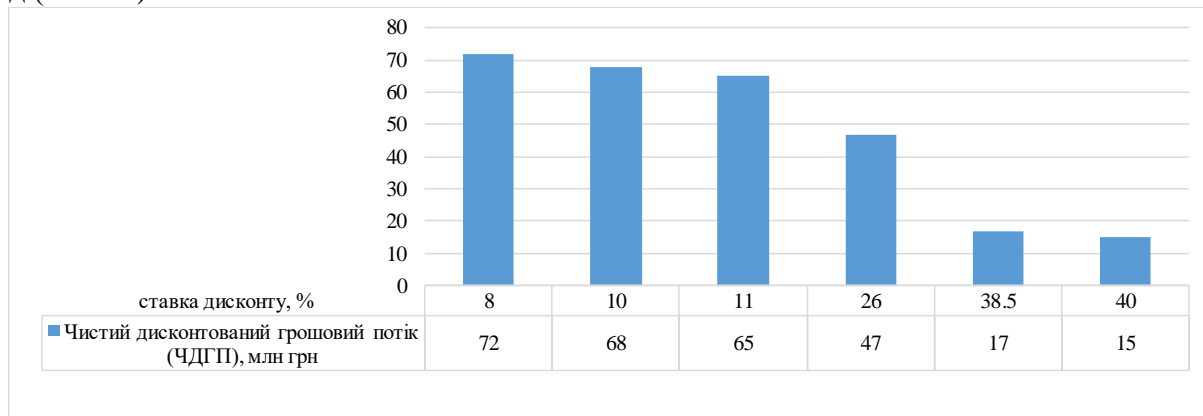


Рис. 2. Динаміка ЧДГП при зміні ставки дисконтування

Таблиця 4

**Визначення оптимальної ставки дисконтування при оцінці родовищ карбонатних порід**

Найменування показників	Значення показників, %		
	min	max	середнє
Сукупний ризик, %	Вірогідність оцінки, %		
	1	34	13.5
Міжнародний досвід			
Ставка дисконтування, %	11	40	23.5
• базова	10	10	10
• надбавка геологічного ризику	1	30	13.5
Вітчизняна практика			
Ставка дисконтування, %	26	75	38.5
• базова	25	25	25
• надбавка геологічного ризику	1	30	13.5

Основним методом врахування геологічних ризиків при вартісній оцінці родовищ є збільшення ставки дисконтування при визначенні ЧДГП. На прикладі Архангельського родовища флюсових вапняків збільшення ставки до 30-40% призводить до істотного зниження вартості запасів до 15-17 млн грн, але призводить втрати інвестиційної цінності. Для родовищ, які не підготовлені до промислового освоєння, підвищення ставки дисконту до рівня 40% і вище призводить до негативних значень ЧДГП і втрати промислового значення запасів.

**Список використаних джерел:**

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.97, № 432
2. Коржнев М.М., Михайлов В.А., Міщенко В.С., Плотников О.В., Шумлянський В.О., Курило М.М., Сухіна О.М. Основи економічної геології. Навчальний посібник. К.: "Логос", 2006. 223 с.
3. Методичні вказівки щодо застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ карбонатних порід. Державна комісія України по запасах корисних копалин при Державній службі геології та надр України. Київ, 2012 р. Режим доступу: <https://dkz.gov.ua/ua/diyalnist/normativno-pravova-baza>

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОБҐРУНТУВАННЯ ЦІНИ НА ТОВАРНУ ПРОДУКЦІЮ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІД ЧАС ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

*Бала В.В.<sup>1</sup>, к. геол. н., bala@dkz.gov.ua,*

*Курило М.М.<sup>2</sup>, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua,*

*Паюк С.О.<sup>1</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

*2 – ННІ «Інститут Геології», Київський національний університет ім. Т. Шевченка, м. Київ, Україна*

Охарактеризовані основні принципи обґрунтування ціни при геолого-економічній оцінці запасів корисних копалин. Систематизовано види цін, які використовувались при техніко-економічних розрахунках у геолого-економічній оцінці. Приведені основні джерела узагальненої інформації про рівень цін на внутрішньому та світовому ринках. Наведено приклад ретроспективного аналізу цін на залізорудну продукцію за даними міжнародних та вітчизняних джерел.

## **PRACTICAL ASPECTS OF PRICE DETERMINING FOR COMMODITY PRODUCTS OF MINING ENTERPRISES DURING THE GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF MINERAL DEPOSITS**

*Bala V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), bala@dkz.gov.ua,*

*Kurylo M.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., kurilo@mail.univ.kiev.ua,*

*Païuk S.<sup>1</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,*

*2 – National Taras Shevchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The basic principles of price determination in the geological and economic assessment of mineral reserves are characterized. The types of prices that were used in technical and economic calculations during geological and economic assessment have been systematized. The main sources of generalized information about the level of prices on the domestic and world markets are given. An example of a retrospective analysis of prices for iron ore products based on data from international and domestic sources is given.

Вартісна оцінка родовищ корисних копалин (valuation of mineral deposits) – економічна оцінка родовищ корисних копалин за єдиним критерієм, яка відображає вартість запасів у грошовому виразі [4]. Проведення вартісної оцінки передбачено Положенням про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах [5].

Геолого-економічна оцінка ділянки надр – періодичний аналіз результатів кожної стадії геологічного та техніко-економічного вивчення ресурсів корисних копалин ділянки надр з метою встановлення та/або зміни промислового значення їх запасів на підставі інформації про фактичні технологічні схеми, техніко-економічні показники та фінансові результати видобування корисних копалин в межах такої ділянки [2]. Економічна складова геолого-економічної оцінки стосується вартісних аспектів експлуатації родовищ корисних копалин і має одне з визначальних значень при прийнятті рішень щодо доцільності подальшого вивчення або реалізації проєкту розробки родовища.

При проведенні геолого-економічної оцінки запасів корисних копалин ціна на товарну продукцію істотно впливає на вартість запасів та рентабельність їх відпрацювання, що врешті-решт, визначає балансову приналежність запасів.

Визначення ціни реалізації продукції гірничодобувних підприємств потребує детального обґрунтування, а сама дохідна складова оцінки завжди розглядається як одна із вагомих складових ризику гірничого бізнесу.

Ціна продукції, що буде реалізована під час виконання проєкту освоєння родовища має одне з вирішальних значень для прогнозу економічної ефективності розробки родовища. Саме

підвищення або зниження ціни на товарну продукцію пропорційно позначається на кінцевому економічному результаті розробки родовища. Ціна є важливою складовою ринкового механізму і багато в чому вирішальним є її вплив при визначенні доходу гірничого підприємства.

Під час підготовки матеріалів ГЕО обґрунтування ціни на товарну продукцію регламентується Положенням про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах [5].

Згідно з положенням [3, 5] в матеріалах ГЕО передбачено використання видів цін, наведених в таблиці 1.

Таблиця 1

**Види цін на товарну продукції при виконанні ГЕО**

Біржові (оптові ціни на товарних біржах, ринкові ціни)	Це ціни, що склалися на товарних біржах. Біржова ціна – ціни товарів, інших цінностей, що реалізуються через біржі (торгові площадки). Дані про біржові ціни публікуються у біржових бюлетенях, довідникових, економічних та фінансових виданнях, у засобах масової інформації, зазначаються в періодичних котируваннях (щоденних, щогодинних) та ін. У біржових бюлетенях також надають методику усереднення ціни за період.
Договірні (ціни між постачальником та покупцем)	Ціни на товарну продукцію, що визначені на підставі договорів користувачів надр та їхніми споживачами. Зазвичай договірні ціни для ГЕО застосовуються на діючих підприємствах, що мають тривалий досвід розробки родовища. Джерелом інформації про рівень таких цін є укладені договори підприємств із споживачами.
Регульовані (ціни, що регулюються згідно з законодавством)	Регульовані ціни – це ціни які регулюються згідно з законодавством. Основні засади цінової політики і регулювання відносин, що виникають у процесі формування, встановлення та застосування цін, а також здійснення державного контролю (нагляду) у сфері ціноутворення врегульовано Законом України «Про ціни і ціноутворення». Наприклад, регульованими цінами в межах України є ціни банківських металів для яких Національний банк розраховує облікову ціну.
Світові (ціни що склалися на світовому ринку)	Світові ціни – це ціни що склалися на міжнародних біржових площадках (світовому ринку). Зазвичай це ціни найвпливовіших ринкових агентів, великих експортно-імпортних операцій, що здійснюються в основних центрах світової торгівлі, це ціни, якими користуються країни (експортери чи імпортери), біржі та аукціони, провідні фірми.
Трансфертні (ціни об'єднань підприємств «внутрішні ціни»)	Якщо користувач надр входить в об'єднання підприємств і реалізує свою товарну продукцію гірничого виробництва за внутрішніми цінами цього об'єднання. Для цілей оподаткування згідно статті 39 Податкового кодексу (Трансфертне ціноутворення) для обґрунтування трансфертних цін застосовується принцип «втягнутої руки».

Відповідно до вимог [5] для ГЕО необхідно застосовувати **біржові ціни**. Для визначення вартості товарної продукції гірничого виробництва належить застосовувати діючі звичайні оптові ціни на відповідний вид та сорт продукції, що склалися на товарних біржах на час оцінки. Ціни на товарну продукцію, що визначені на підставі договорів з користувачами, можуть застосовуватись для визначення її вартості в разі, якщо вони не нижчі від біржових (звичайних).

Якщо згідно з законодавством ціни на товарну продукцію гірничого виробництва регулюються і вони є нижчими від світових, то для визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування, слід застосовувати регульовані ціни, а для визначення балансової належності запасів корисних копалин слід використовувати світові ціни. У разі, якщо регульовані ціни є вищими від світових, то використовуються тільки регульовані. Якщо користувач надр входить в об'єднання підприємств і реалізує свою товарну продукцію гірничого виробництва за внутрішніми цінами цього об'єднання, такі ціни можуть використовуватись для економічних розрахунків у разі, якщо вони вищі від біржових або регульованих згідно з законодавством.

У виняткових випадках, коли рівень діючих оптових біржових цін на товарну продукцію гірничого виробництва не забезпечує рентабельної розробки родовища (покладу), користувач



надр, який розробляє або розроблятиме родовище на умовах економічного ризику, може запропонувати застосування більш високих прогнозних цін реалізації продукції або більш низьких цін на гірниче обладнання чи послуги в комерційному варіанті ТЕО. У разі, якщо звичайна ціна не може бути визначена із застосуванням положень [3, 5], то для доказів обґрунтування її рівня застосовуються правила, визначені національними положеннями (стандартами) бухгалтерського обліку, а також національними стандартами з питань оцінки майна та майнових прав.

Договірні і біржові ціни в практиці оцінки розглядають, як окремі варіанти контрактних цін.

З приведеного вище авторам ГЕО для визначення ціни реалізації продукції необхідно виконувати маркетингові дослідження та виконувати їхнє співставлення з біржовим цінами та цінами на світовому ринку. Матеріали ТЕО повинні містити детальний аналіз прийняття до розрахунків вихідних даних щодо ціни і її порівняння з «еталонними – біржовими цінами».

Біржа вважається ефективним інструментом для прозорого ціноутворення для усіх видів ринків і товарів, у тому числі для товарів гірничодобувного комплексу. На біржу можна прийти за «справедливою», конкурентною ціною для свого товару, що є ключовим у ринкових відносинах усіх учасників.

На жаль, в Україні відсутні добре розвинуті товарні біржі. Сьогодні за даними реєстру Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку, в Україні є 4 ліцензовані товарні біржі: «УКРАЇНСЬКА ЕНЕРГЕТИЧНА БІРЖА», «УКРАЇНСЬКА УНІВЕРСАЛЬНА БІРЖА», «УКРАЇНСЬКА ТОРГОВА ПЛАТФОРМА» та «УКРАЇНСЬКА РЕСУРСНА БІРЖА» (отримали ліцензію 16.08.2023 р.). Отже, з діючих бірж (ліцензованих), з товарами гірничовидобувних підприємств і мінеральною сировиною успішно здійснюють торги «УКРАЇНСЬКА ЕНЕРГЕТИЧНА БІРЖА», «УКРАЇНСЬКА УНІВЕРСАЛЬНА БІРЖА» та «УКРАЇНСЬКА ТОРГОВА ПЛАТФОРМА». Серед угод зазначених бірж сьогодні можна побачити успішні торги наступними товарами гірничовидобувних підприємств: природним газом, скрапленим газом, нафтою, газовим конденсатом, нафтопродуктами та вугіллям.

«УКРАЇНСЬКА УНІВЕРСАЛЬНА БІРЖА» з кінця вересня 2021 року обслуговує продажі на офіційному акредитованому майданчику УКРАЇНСЬКОЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ БІРЖІ за такими напрямками торгів: продаж активів банків, що виводяться з ринку чи ліквідуються (лоти від ФГВФО); продаж майна боржників у справах про банкрутство (лоти від арбітражних керуючих); мала приватизація; оренда державного та комунального майна; оренда вагонів-зерновозів; продаж спецдозволів на користування надрами (лоти Держгеонадр); продаж металобрухту; земельні торги на електронних аукціонах тощо.

Фактично, з існуючих джерел інформації про фактичний рівень цін в межах України, що публікується у вільному доступі, від ліцензованих товарних бірж можна отримати інформацію про рівень цін на природний газ, скраплений газ, нафту, газовий конденсат, нафтопродукти та вугілля.

Водночас згідно статті 3 Закону України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» [1] (далі – НКРЕКП) регулятор здійснює державний моніторинг та регулювання у формуванні цінової і тарифної політики у сферах енергетики та комунальних послуг.

Відповідно джерелом агрегуючої інформації про рівень цін на енергетичному ринку є НКРЕКП та їхні квартальні звіти щодо результатів моніторингу функціонування ринку.

Крім того, агрегуючою інформацією щодо цін на «енергетичні корисні копалини» можна отримати на інтернет-сторінці Міністерства економіки України де публікуються фактичні ціни реалізації природного газу, нафти, конденсату, а також руд заліза за попередній місяць.

Ціни на зазначені товари публікуються відповідно до вимог підпункту 69.31 пункту 69 підрозділу 10 розділу XX «Перехідні положення» Податкового кодексу України для цілей реалізації положень статті 252 цього Кодексу, а саме визначення (обчислення) рентної плати за користування надрами для видобування корисних копалин.

При цьому методика обчислення фактичної ціни реалізації, наприклад, для газу

природного, видобутого в Україні з 1 серпня 2022 року, враховує наступні джерела інформації:

- середньозважена ціна природного газу, переданого/поставленого платниками рентної плати за користування надрами для видобування природного газу у відповідному податковому (звітному) періоді, визначена у договорах купівлі-продажу природного газу з НАК “Нафтогаз України”, укладених за результатом закупівлі природного газу власного видобутку на організованих товарних ринках;

- середньозважена ціна продажу природного газу, переданого/поставленого платниками рентної плати за користування надрами для видобування природного газу у відповідному податковому (звітному) періоді, що склалася за результатами торгів на організованих товарних ринках, за період з першого по останній день місяця, що передує податковому (звітному) періоду (крім НАК “Нафтогаз України”; юридичних осіб, єдиним засновником (акціонером, учасником) яких є НАК “Нафтогаз України”; юридичних осіб, контрольний пакет акцій яких належить НАК “Нафтогаз України” (частка НАК “Нафтогаз України” у статутному капіталі яких становить 50 або більше відсотків) згідно з договорами (угодами);

- ціна природного газу, яка визначена як середнє арифметичне значення таких величин:

- середньоарифметична ціна UA VTP Gas price на умовах передоплати “advanced payment” (наступний місяць, МаН), що розраховується як середньоарифметичне значення між цінами “Bid” та “Ask”, опублікованими у звіті Argus European Natural Gas під заголовком “Ukraine Market Information and Prices”;

- середньоарифметична ціна UA VTP Gas Price (наступний місяць, МаН), що розраховується як середньоарифметичне значення між цінами “Bid” та “Ask”, опублікованими у звіті ICIS European Spot Gas Market під заголовком “UA VTP Gas Price Assessment” за період з першого по останній день місяця, що передує податковому (звітному) періоду.

Звіт Argus, крім природного газу, охоплює також інформацію про ціни на нафту, вугілля, коксівне вугілля, зріджений газ, літій, залізну руду, кобальт та ін.

Джерелом актуальної інформації про рівень цін на ринку сировинних товарів є також публічні закупівлі у системі «Прозорро». Так для таких досліджень на Prozorro Market є досить простий інструмент – «профіль товару». Використання інструменту «профіль товару» потребує детального аналізу оскільки умови постачання для обраних категорій товарів вкрай різняться, що в свою чергу впливає на ціну товарної продукції за яким здійснювались такі угоди.

Об’єктивним джерелом інформації про рівень цін на товарну продукцію є щоквартальне публікування ціни одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини) за яким здійснюється обрахунок початкової стартової ціни продажу спеціального дозволу на аукціоні Держгеонадра.

На інтернет-сторінці Державної служби геології та надр України, щоквартально публікуються ціни на одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини). Ціни, що публікуються ґрунтуються на інформації отриманій у Державної податкової служби України відповідно до середньої вартості товарної продукції задекларованих в податкових деклараціях з рентної плати за користування надрами та інформації ДКЗ про ціну одиниці товарної продукції гірничого підприємства за результатами опрацювання завершених протоколів ДКЗ, за визначений період. Цей перелік товарів та цін гірничодобувних підприємств містить інформацію відповідно до цін за якими надрокористувачі обраховували рентні платежі та здійснювали комерційну діяльність (реалізовували продукцію) у певний період.

Слід зазначити, що обрахунок рентних платежів згідно з податковим кодексом виконується на базових умовах постачання (склад готової продукції гірничого підприємства)».

Зазначений перелік («перелік Держгеонадра») містить інформацію про ціни на типи мінеральної сировини за якими в межах України здійснюється розробка корисних копалин. Зазначений перелік має досить вагому доказову базу (обґрунтування) для цін на мінеральну сировину загальнопоширених корисних копалин таких, наприклад, як будівельна сировина.

У випадку підготовки матеріалів ГЕО для обґрунтування ціни на продукцію яка не видобувається в Україні необхідно застосовувати світові ціни на таку продукцію.

Джерелом інформації зазвичай є ціни найвпливовіших ринкових агентів, великих експортно-імпортних операцій, що здійснюються в основних центрах світової торгівлі. Наприклад, для кольорових металів одним із впливових ринків є ЛОНДОНСЬКА БІРЖА МЕТАЛІВ (LME). LME розташована в Лондоні, Англія, вона є світовим центром торгівлі промисловими металами, на якій укладено понад три чверті усіх ф'ючерсних угод на кольорові метали.

На міжнародному ринку існує декілька видів цін на мінеральну сировину, які різняться за своїм значенням. Світова ціна на мінеральну сировину виражає в грошовій формі інтернаціональну ціну виробництва цієї продукції суспільно необхідної якості із суспільно необхідною споживчою вартістю. Крім таких цін на міжнародному ринку існують трансфертні ціни, які використовуються при здійсненні комерційних операцій між підрозділами однієї компанії (як правило, транснаціональних концернів). За допомогою занижених цін на мінеральну сировину для дочірніх підприємств фірма може підвищити конкурентоспроможність концентратів за рахунок більш низької ціни на неї у порівнянні з іншими компаніями. Це є досить впливовим фактором при оцінці підприємств, продукція яких спрямовується не на внутрішній ринок [4].

При вивченні тенденцій на світовому ринку основними джерелами отримання цінової інформації є довідкові ціни та ціни статистики зовнішньої торгівлі. Довідкові ціни публікуються у періодичних виданнях, експортних прейскурантах, зокрема в такі виданнях, як "Industrial Minerals", "Metal Bulletin", "Minerals Yearbook", "Statistical Summary of Mineral Industry", "Mineral Commodity Summaries" та ін.. Ціни статистики зовнішньої торгівлі відображають ціни реальних угод в міжнародній торгівлі. Як правило, вони визначаються шляхом ділення вартості імпорту та експорту на ціни на конкретну продукцію. Їх публікують в таких виданнях, як "Monthly Bulletin Statistics".

Під час визначення цін на світовому ринку необхідно враховувати умови постачання відповідно до правил Інкотермс, використання яких забезпечує уникнення проблем з різним трактуванням зовнішньоторговельних контрактів з різних боків в різних країнах і регіонах.

Для оцінки рівнів світових цін на продукцію необхідно враховувати також прогнози «тренди» росту та падіння рівнів цін.

Для прогнозування цін використовують методи, які базуються на історичному розвитку певної ціни на сировину. При зіставленні значень ціни за різні періоди використовують метод динамічних рядів та його модифікації, наприклад метод укрупнених інтервалів, коли річні значення цін сумуються та отримують дані за більші періоди (п'ятиріччя). Таким шляхом досягається більш точне виявлення тенденцій у показниках. Для пом'якшення різких коливань цін на сировину у часі можуть бути використані послідовно змінні по роках в  $n$  років. Оскільки такі спади та зростання в ціні повторюються кожні 4-5 років, доцільно прораховувати середні значення по такому змінному діапазону фактичних значень. Формою такого методу є також метод *змінної середньої*, який полягає у послідовному виключенні початкового ряду і заміни його середньою з даного ряду та сусіднім з ним наступним членом ряду. Така операція дозволяє отримати ряд з загальним поступальним рухом в певному напрямі. Для характеристики зміни цін на мінеральну сировину і продукти її переробки застосовують індексні методи.

Статистичне вивчення цін вимагає розгорнутої системи показників. Вона повинна достатньо визначати відмінності ринкових цін: асортиментну, територіальну, часову, різних субринків. Система показників статистики цін включає такі блоки: рівень цін (індивідуальний, середній та узагальнюючий), структура ціни (собівартість, націнки, знижки, податки), варіація цін (у просторі та у часі), динаміка цін, еластичність ціни до різноманітних факторів.

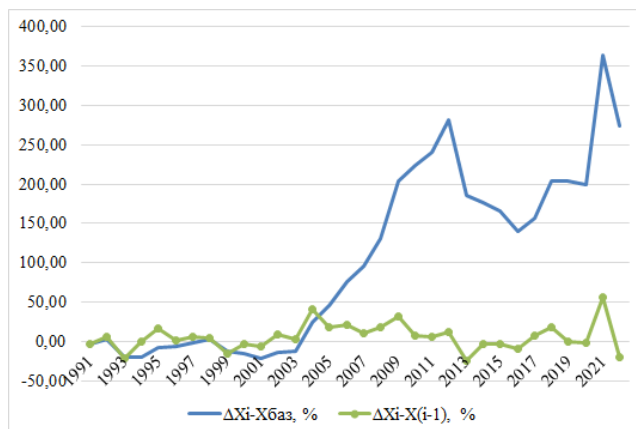
Для прогнозування цін на мінеральну сировину при виконанні ГЕО неможливо відтворити всі флуктуації цінових показників, але можливо і доцільно враховувати загальний тренд за тривалий період часу. Такий розрахунковий період має бути співставним з терміном розробки родовища, тобто знаходитися в межах як мінімум декількох років. Для розуміння

довготривалої динаміки необхідно досліджувати період 5-10 років. В якості кількісного параметра можна використати різні теми росту, приросту, або індексні методи.

Тут наведемо приклад розрахунку темпів росту ціни на залізні руди: перший варіант розраховано базуючись на статистичних даних USGS [7, 8] (рис. 1, 2, табл. 2), другий варіант – за динамікою зміни цін, які друкуються на інтернет-сторінці Державної служби геології та надр України (табл. 3) [6].



**Рис. 1. Динаміка цін на залізну руду за даним USGS**



**Рис. 2. Темпи росту ціни на залізну руду (відповідно до даних рис. 1)**

**Таблиця 2**

**Темп росту ціни на залізородну продукцію (розраховано за даними USGS)**

Рік	$\Delta X_i - X_{\text{баз } 1990}, \%$	$\Delta X_i - X_{(i-1)}, \%$
Темп росту 1990-2022 - 32 роки, %	101,84	5,46
Темп росту 2000-2022 - 22 роки, %	144,65	7,98
Темп росту 2010-2022 - 12 років, %	216,61	3,18
Темп росту 2015-2022 - 5 років, %	249,02	10,46

**Таблиця 3**

**Темп росту ціни на залізородну продукцію (за даними geo.gov.ua)**

№	Найменування показників	4 кв.2020	1 кв.2021	1 кв.2022	2 кв.2022	3 кв.2022	3 кв.2023
1	Ціна одиниці товарної продукції гірничого підприємства						
2	Залізні (бідні руди)	250	302	448	316	300	300
3	Темп росту $\Delta X_i - X_{(i-1)}, \%$		21	48	-29	-5	0
4	Залізні (багаті руди)	1126	794	874	874	2104	1200
5	Темп росту $\Delta X_i - X_{(i-1)}, \%$		-29	10	0	141	-43
6	Концентрат		1688	1950	1779	1950	4590
7	Темп росту $\Delta X_i - X_{(i-1)}, \%$			16	-9	10	135

Як видно з розрахунків, темпи росту ціни на залізну руду для різних періодів є досить відмінними: для періоду 32 роки показник у 2 рази менший ніж для п'ятирічного періоду, а для 12 років в 3 рази менший ніж для 5 річного періоду. Це спричинено значним зростанням цін (з наступною стабілізацією і зниженням) в період 2019-2022 роки (рис. 1). Періоди для визначення темпів росту можуть бути різними, але не повинні бути дуже малими, оскільки це спричиняє істотне штучне спотворення даного показника. Так, це можна зафіксувати за розрахунками таблиці 3, де темпи росту ціни на залізородну продукцію – руду бідну і багату та концентрат – взагалі мають протилежні значення і динаміку.

Приведений приклад розрахунку для тривалого періоду (рис. 1, 2, табл. 2) може бути використаний для прогнозування цін при виконанні ГЕО. При цьому базовими умовами використання є опрацювання актуальної статистичної інформації:

- для розрахунку темпів росту і закономірності динаміки можуть бути використані дані 3-5 річного періоду;
- для розрахунку прогнозованої ціни мають бути використані актуальні дані поточного періоду, можливо поквартальні або щомісячні дані за останні роки;
- більш давні показники саме для прогнозування цін на майбутні періоди не рекомендують використовувати через можливий істотний вплив кон'юнктури ринку або зміну технологій виробництва.

**Загальні вимоги до розділу ТЕО, щодо обґрунтування ціни повинні включати такі дослідження:**

- оцінка масштабів ринку збуту, можливих квот, цін і т.ін.;
- оцінка можливостей та тенденцій подальшого розвитку ринку;
- аналіз попиту та пропозицій даної мінеральної сировини та продуктів її збагачення (переробки);
- вимоги споживачів до якості передбаченої товарної продукції;
- прийняті до розрахунків показників ТЕО ціни реалізації товарної продукції, їх вид за місцем та умовами реалізації, спосіб транспортування до споживача, спосіб відвантаження (в тарі, насипом і т.ін.).
- можливе розширення існуючих виробництв на основі низхідної або висхідної інтеграції.
- можливе розширення існуючої виробничої потужності для отримання економії, зумовленої зростанням масштабу виробництва.

#### **Список використаних джерел:**

1. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг»// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1540-19#Text>
2. Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду затверджена КМУ від 05.05.1997 № 432.
3. «Методичні вказівки щодо геолого-економічної переоцінки родовищ твердих корисних копалин, запаси яких були апробовані або затверджені раніше» Затверджені Наказом ДКЗ від 10.01.2013 № 5/1.
4. Основи економічної геології: Навч. посіб. Для студ. геол. спец. вищ. закл. освіти / М.М. Коржнев, В.А. Михайлов, В.С. Міщенко та ін. – Київ: —Логосл, 2006. 275 с.
5. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах, затверджене наказом ДКЗ від 07.12.2005 № 300
6. Ціна одиниці товарної продукції гірничого підприємства// <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/tsina-odynytsi-tovarnoyi-produktsiyi.pdf>
7. Iron Ore - Historical Statistics (Data Series 140)// <https://www.usgs.gov/media/files/iron-ore-historical-statistics-data-series-140>
8. Mineral Commodity Summary 2000-2023. Iron Ore// <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-iron-ore.pdf>
9. Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023// [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/mining-metals/ey-top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2023.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/mining-metals/ey-top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2023.pdf)

## **ЗРІЛІСТЬ ПРОЄКТУ, ЯК ІНДИКАТОР ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ**

*Костенко Д.Т.<sup>1</sup>, к. геол. н., geolkostenko@gmail.com,*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*1 – ТОВ «Трендс Систем», Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

В доповіді розглянуті сучасні вітчизняні підходи до обґрунтування управлінських рішень на різних стадіях робіт з освоєння вуглеводневих ресурсів. Висвітлені базові принципи та методи управління нафтогазовими проєктами відповідно до міжнародної системи управління ресурсами вуглеводнів PRMS. Висвітлено сутність поняття «зрілість проєкту» та принципи врахування ризиків. На конкретних прикладах проілюстровано алгоритм еволюції зрілості проєктів та обґрунтування управлінських рішень.

## **PROJECT MATURITY AS INDICATOR OF MANAGERIAL DECISION MAKING**

*Kostenko D.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), geolkostenko@gmail.com,*

*Paiuk S.<sup>2</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*1 – Trends System LLC, Kyiv, Ukraine*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

The report covers contemporary domestic approaches to support management decisions at different stages of hydrocarbon resource development. It highlights the basic principles and techniques used in oil and gas project management, aligned with the international Petroleum Resources Management System, PRMS. It also defines the concept of 'project maturity' and outlines risk management principles. Specific examples demonstrate the algorithm for developing project maturity and the rationale behind management decisions.

Комерціалізація процесів геологічного вивчення та розробки нафтогазоносних надр спонукає до більш глибокого та ґрунтовного визначення максимально ефективних (низькоризикових та прибуткових) напрямів інвестування. Нафтогазовидобувний бізнес характеризується не лише високим рівнем рентабельності, а й високими ризиками (в першу чергу геологічними і технологічними) та великим обсягом необхідних інвестицій (особливо високим порогом входження на початковому етапі). Тому підхід до освоєння ресурсів вуглеводнів (ВВ), зосереджених в надрах ліцензійної ділянки, потребує детального планування робіт та ретельного обґрунтування кожного управлінського рішення.

Стандартний методичний підхід (ГСТУ 41-000032626 «Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення»), обумовлює поступове геологічне вивчення об'єктів відповідно до етапів і стадій від регіонального до розвідувального (табл. 1) [1].

Геологічним результатом проведення геологорозвідувальних робіт (ГРР) на різних стадіях можуть бути виявлені чи підготовлені до глибокого буріння нафтогазоперспективні об'єкти, прогнозні чи перспективні ресурси нафти і газу, запаси або обсяги видобутку ВВ тощо. Ефективність цих робіт характеризується системою взаємопов'язаних оцінних показників, які використовуються для аналізу виконаних та прогнозування доцільності (в першу чергу) рентабельності подальших робіт і досліджень.

Для визначення економічної ефективності геологорозвідувальних робіт на нафту і газ проводиться їх геолого-економічна оцінка. Геологічна ефективність пошукового буріння звичайно визначається двома найбільш відомими в практиці робіт кількісними показниками достовірності геологічного прогнозу – коефіцієнтом успішності пошуків і коефіцієнтом успішності свердловин [2].

Основні показники економічної ефективності освоєння об'єкта є чистий дисконтований дохід, індекс дохідності, внутрішня норма рентабельності, термін окупності. Ефективність інвестицій визначається як для підприємства (державного чи недержавного), так і для держави, яка отримує дохід у вигляді податків і платежів [3].



**Зіставлення ступеню геолого-економічного вивчення  
та стадій геологорозвідувальних робіт на нафту і газ**

Ступінь геолого-економічного вивчення	Етапи	Стадії	Об'єкти досліджень	Основні завдання
ГЕО-1	Розвідувальний	Підготовка родовищ (покладів) до розробки	Родовища (поклади) з промисловими запасами	Уточнення підрахункових параметрів і запасів. Довивчення покладів у процесі дослідно-промислової розробки
ГЕО-2		Оцінка родовищ (покладів)	Відкриті родовища (поклади)	Уточнення параметрів. Підрахунок запасів. Вибір поверхів розвідки.
ГЕО-3	Пошуковий	Пошук родовищ (покладів)	Пастки вуглеводнів	Визначення параметрів продуктивних пластів. Оцінка запасів відкритих покладів вуглеводнів.
		Виявлення і підготовка об'єктів (структур) до пошукового буріння	Геологічні структури (площі)	Вибір об'єктів для пошукового буріння
	Регіональний (прогнозування)	Відокремлення та оцінка нафтогазоносних зон і районів	Нафтогазоперспективні зони та райони	Вибір площ для пошукового буріння
		Прогноз нафтогазоносності	Осадкові басейни та їхні частини	Оцінка перспектив нафтогазоносності

Достовірність параметрів виражається додатними і від'ємними похибками, що є основою економічного ризику, яка в свою чергу, в значній мірі впливає на рівень капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Під економічним ризиком розуміється можливість отримання природних та створення штучних техніко-економічних умов, за якими раніше позитивно оцінене прогнозне родовище (перспективний об'єкт) втрачає своє промислове значення.

При економічному обґрунтування ГРП при складенні геологічних проєктів використовують такі показники економічної ефективності: приріст запасів на 1 грн., вартість підготовки 1000 м<sup>3</sup> газу та річний прибуток від розробки розвіданих запасів і, також, економічний ризик інвестицій в освоєння перспективних об'єктів ( $P_{ек}$ ) [2].

Такий підхід до прийняття рішень щодо освоєння вуглеводневих ресурсів є досить ефективним, але недостатньо враховує існуючі в нафтогазовій галузі невизначеності і пов'язані з ними ризики.

Система управління вуглеводневими ресурсами (PRMS) визначає окремий індикатор визначення ступеню та прийнятного рівня ризику прийняття управлінських рішень на всіх стадіях освоєння ресурсів – **зрілість проєкту**.

Згідно до PRMS [4, 5]:

1. **Ресурси вуглеводнів** – це той обсяг вуглеводнів, який залягає в природних умовах на поверхні землі або в її надрах. При розгляді ресурсів оцінюють обсяг вуглеводнів як у вже відомих, так і в ще не відкритих скупченнях. Крім того, ресурси включають всі види вуглеводнів незалежно від того, чи відносять їх зараз до традиційних чи нетрадиційних.

2. **Проект (The project)**. Під проєктом може розумітися експлуатація свердловини, розробка окремого покладу ВВ або невеликого родовища, поступовий розвиток розробки родовища або спільна розробка одного чи кількох родовищ з єдиною системою облаштування

(напр., компресорною станцією). Проект – це конкретна дія або сукупність дій, пов'язаних з розробкою вуглеводневих скупчень, а також ті рішення, які приймаються з метою доведення зрілості ресурсів до рівня запасів.

Кожний проект характеризується конкретним рівнем зрілості, в рамках якого приймається рішення про реалізацію проекту (тобто, про продовження інвестування) або відмову від нього (рис. 1).

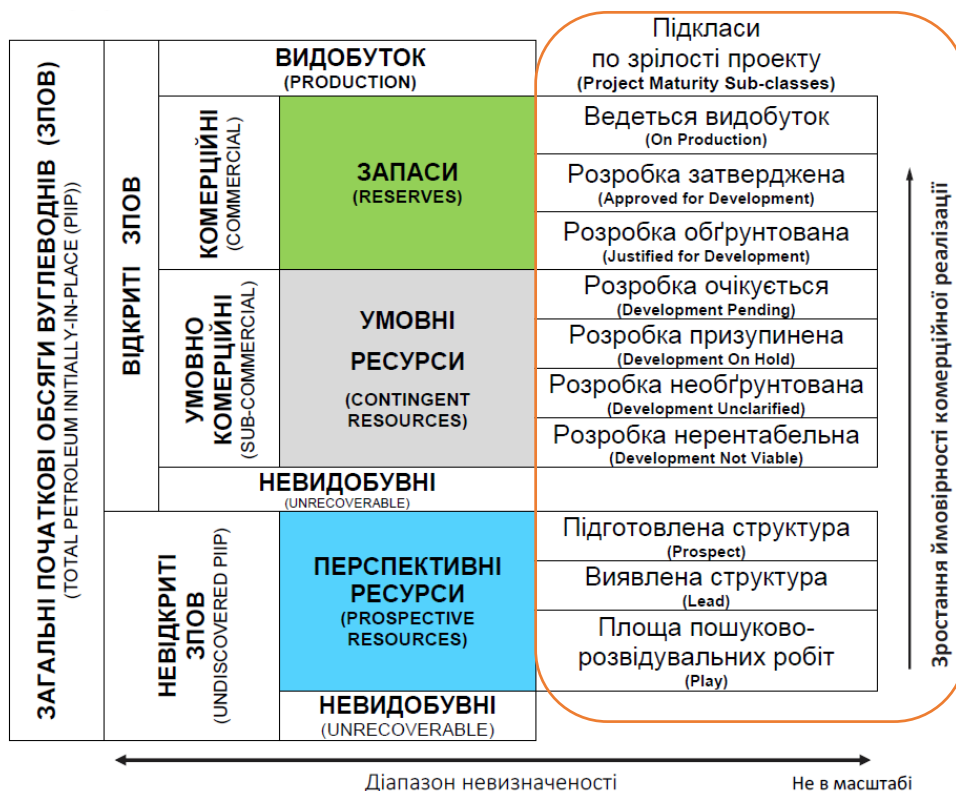


Рис. 1. Підкласи зрілості проекту [4, 5]

Проекти та пов'язані з ними обсяги ВВ, які можна вилучити, можуть бути класифіковані відповідно до рівня зрілості проекту та дій (тобто бізнес-рішень) необхідних для переходу до комерційного видобутку.

Головним завданням розвитку проекту є еволюція його зрілості (промислового значення обсягів ВВ).

Для невідкритих загальних початкових обсягів вуглеводнів (ЗПОВ) це зростання від Play (площа пошуково-розвідувальних робіт) до Prospect (підготовлена структура).

Для відкритих ЗПОВ, умовно-комерційних (умовних ресурсів) це зростання проекту до рівня Development Pending (розробка очікується). Для відкритих ЗПОВ комерційних запасів ВВ це досягнення рівню On Production (видобуток) (див. рис. 1).

Підвищення зрілості проекту полягає у зменшенні існуючих невизначеностей шляхом оцінки ризиків і застосування сценарного методу та розробці заходів з їх мінімізації.

Взагалі, ризики можуть бути геологічними, технічними, технологічними, політичними, адміністративними, екологічними тощо. Які з них треба враховувати при оцінці проекту є індивідуальним рішенням, яке залежить від вимог до оцінки.

Зрілість ресурсних підкласів ґрунтується на тих діях, завдяки яким проект, проходячи через серію остаточних узгоджень, досягає стадії впровадження, початку видобутку та реалізації продукції. Межі між різними рівнями зрілості проекту часто називають «вузлами ухвалення рішення» [4].

Згідно до [4, 5] по мірі просування проекту до більш високих рівнів комерційної зрілості зростає ймовірність того, що поклад буде введений в комерційно виправдану розробку, а проектні обсяги перейдуть в клас Запаси. Для класів Умовні Ресурси і Перспективні Ресурси це

виражається показником **Pc** (POS - probability of success) – ймовірністю комерційної реалізації проєкту. Цей показник включає в себе наступні два компоненти.

А. Ймовірність геологічного відкриття, **Pg(Chance of Geologic Discovery)** – це ймовірність відкриття значного обсягу ВВ у потенційному скупченні.

В. Ймовірність введення в розробку, **Pd (Chance of Development)** – це ймовірність того, що після відкриття відоме скупчення буде комерційно розроблятися.

Як система, заснована на проєктах, PRMS заохочує визначення проєкту для умовних ресурсів і навіть для перспективних ресурсів. Таким чином, оцінки шансів комерційної реалізації проєкту повинні бути пов'язані з визначеними планами розвитку, часовими рамками та відповідними профілями витрат і виробництва. Для оцінки ймовірності розвитку використовують різні методи, але загальноприйнятої методології в даний час немає [11].

Для призначення класу Запаси потрібно мати високу ступінь впевненості в досягненні проєктом етапу комерційної реалізації, Pc. Для класу Умовні Ресурси  $P_c = P_d$ , а для класу Перспективні Ресурси Pc рівне добутку Pg на Pd [4, 5].

На сьогодні існує декілька стандартних методик визначення ймовірності геологічного успіху, які відрізняються кількістю та характеристиками показників, що визначаються [6 - 13].

Визначення показника ймовірності введення в розробку Pd проводиться, як правило, за статистичними методами або через визначення порогового обсягу ресурсів ВВ та їх розподілу (Minimum Economic Reserves – MER) [11, 13].

Показник очікувана грошова вартість (Expected Monetary Value, EMV) є невід'ємною частиною управління ризиками та використовується в процесі кількісного аналізу ризиків. Він дозволяє кількісно оцінити економічну ефективність проєкту з врахуванням ризиків та порівняти різні проєкти [7 – 10].

Показник EMV (в нафтогазовидобувній галузі) розраховується як NPV, скорегований на ризик невдачі проєкту з використанням стандартної формули [7 – 10]:

$$EMV = NPV \times POS + COF \times POF \quad (1)$$

де, POS – ймовірність успіху (Probability of Success);

COF – фінансові втрати у випадку невдачі проєкту (Cost of Failure);

POF – ймовірність невдачі (Probability of Fail),

$$POF = 1 - POS \quad (2)$$

Еволюцію проєкту освоєння невідкритих ЗПОВ можна проілюструвати на прикладі проєкту буріння пошукової свердловини на перспективній ділянці (GreenField) (рис. 2). В даному випадку прийняті 3 сценарії розвитку проєкту: 1 – буріння свердловини на ділянці без додаткових ГРП (капітальні витрати (CAPEX) = 6,0 млн. USD, NPV = 8,0 млн. USD, Pc (POS) = 21 %, 2 – буріння свердловини після проведення 3D сейморозвідувальних досліджень (CAPEX = 8,0 млн. USD, NPV = 5,85 млн. USD, POS = 42 %), 3 – буріння свердловини після проведення 3D сейморозвідувальних досліджень та додаткових ГРП (CAPEX = 9,0 млн. USD, NPV = 5,5 млн. USD, POS = 65 %). Розрахований показник EMV є позитивним тільки в 3-му сценарії, який передбачає залучення комплексу ГРП, який мінімізує ризики. Проєкт еволюціонує по ступеню зрілості від **Play** до **Prospect** (див. рис. 2).

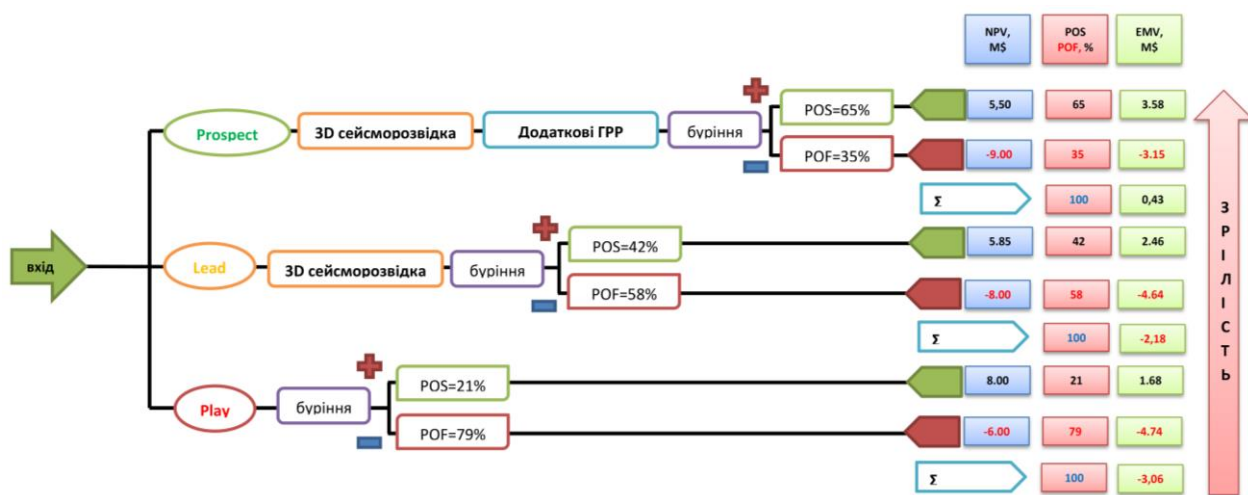


Рис. 2. Приклад підвищення ступеню зрілості проекту пошукового буріння на невідкритих ЗПОВ

В якості прикладу еволюції зрілості проекту для відкритих ЗПОВ розглянуто випадок застосування додаткових методів розкриття покладів та інтенсифікації припливів проекту окремої свердловини. Розглянуто також 3 сценарії розвитку проекту: 1 – буріння вертикальної свердловини з подальшим розкриттям та освоєнням покладу (CAPEX = 6,0 млн. USD, NPV = 0,20 млн. USD, POS = 92 %), 2 – буріння горизонтального стовбуру (CAPEX = 10,0 млн. USD, NPV = 3,50 млн. USD, POS = 87 %), 3 – впровадження заходів інтенсифікації (ГРП) в горизонтальному стовбурі (CAPEX = 10,3 млн. USD, NPV = 12,4 млн. USD, POS = 85 %). Кожна із запланованих технологічних операцій (буріння горизонтальної ділянки стовбуру – застосування ГРП) повинна, з одного боку, забезпечити збільшення динаміки та обсягів видобутку і, відповідно, суттєве збільшення прибутковості проекту. З іншого боку, реалізація цих операцій пов'язана зі збільшенням ризиків, обумовлених складністю їх реалізації. За результатами розрахунків EMV, навіть при умові збільшення ризиків на кожному етапі, видно, що максимально позитивний результат можна отримати при реалізації 3-го сценарію. Проект по зрілості може підвищитись до **Development Pending** (рис. 3).

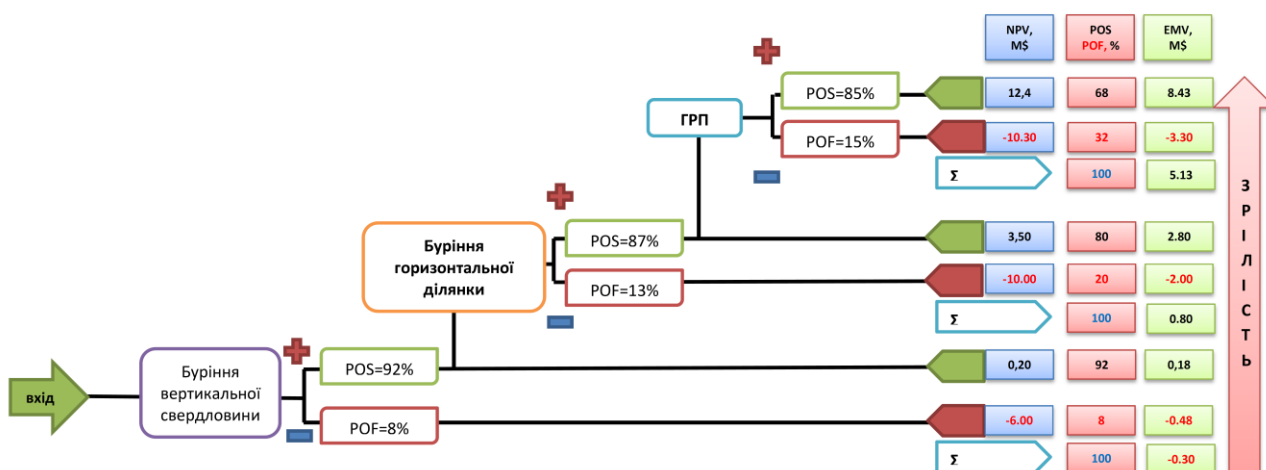


Рис. 3. Приклад підвищення ступеню зрілості проекту на відкритих ЗПОВ

Позитивні значення показника EMV свідчить про можливість досягнення необхідної стадії зрілості проекту та обґрунтованість заходів (управлінських рішень) щодо розвитку проєктів з освоєння ресурсів ВВ, тобто досягнення проектом етапу затвердження (Final Investment Decision – FID).

Застосування параметру «Зрілість проєкту» є дієвим зручним інструментом управління нафтогазовими активами в сучасних умовах і дає можливість компанії-оператору приймати зважені обґрунтовані максимально ефективні рішення з мінімальними ризиками для бізнесу.

#### Список використаних джерел:

1. Галузевий стандарт України (ГСТУ 41-000032626) «Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення». / Комітет України з питань геології та використання надр., Київ, 1999, 15 с.
2. Суярко В.Г. Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів: підручник. Харків: Фоліо, 2015. 413 с.
3. Рудько Г.І., Михайлів І.Р. Геолого-економічна оцінка нафтових і газових родовищ: навчальний посібник. Київ – Чернівці: Букрек, 2021. 128 с.
4. Petroleum Resources Management System. *SPE, AAPG, WPC, SPEE, SEG*. Revised June., 2018., v. 1.03, 52 p.
5. Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами (Petroleum Resources Management System – PRMS). Державна Комісія України по Запасах Корисних Копалин при Державній службі геології та надр України. 2021. 32 с.
6. The CCOP Guidelines for Risk Assessment of Petroleum Prospects: веб-сайт. URL: [http://www.ccop.or.th/assets/publication\\_digital/2912004\\_4\\_pdf.pdf](http://www.ccop.or.th/assets/publication_digital/2912004_4_pdf.pdf). (дата звернення: 11.08.2023).
7. Glenn McMaster. Merging Risk Assessment And Portfolio Management The Search for Value: SPE Distinguished Lecture Tour 2003. веб-сайт URL: [https://www.spe.org/media/filer\\_public/7b/05/7b0529f7-ac3b-4f65-8b71-0966d21c5f95/spe-101465-dl.pdf](https://www.spe.org/media/filer_public/7b/05/7b0529f7-ac3b-4f65-8b71-0966d21c5f95/spe-101465-dl.pdf) (дата звернення: 12.08.2023).
8. Dr. Sam C. M. Hui. Decision theory and decision tree: Presentation of Department of Mechanical Engineering The University of Hong Kong. 2013. URL: [http://ibse.hk/MECH3010/MECH3010\\_1314\\_03\\_decision\\_theory.pdf](http://ibse.hk/MECH3010/MECH3010_1314_03_decision_theory.pdf) (дата звернення: 12.08.2023).
9. Hurst, A., Brown, G.C. and Swanson, R.I. Swanson's 30-40-30 rule. *AAPG Bulletin*. No 84 (12). 2000. P. 1883-1891.
10. Risk Management Technique – EMV Decision Tree: веб-сайт URL: <https://anti-nic.com/tag/emv/> (дата звернення: 12.08.2023).
11. U. Georgeson Victor, Omowumi O. Iledare, Joseph A. Ajienka. Modeling the Chance of Commerciality of Petroleum Assets for Economic Development / *Journal of Energy Research and Reviews*. №8(3), 2021., P 40-61.
12. Peter R. Rose. Evolution of E & P Risk Analysis (1960-2017) / *Search and Discovery Article #42063* (2017). Posted May 29, 2017
13. Lisa Ward. The Role of the Engineer in Exploration: Expected Value / *Rose&Associates* / Posted on November 10, 2020: веб-сайт URL <https://www.roseassoc.com/the-role-of-the-engineer-in-exploration-expected-value/> (дата звернення: 12.08.2023).

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО КОНКРЕТИЗАЦІЇ (ЗМІН, ДОПОВНЕННЯ)  
ОКРЕМИХ ПІДРОЗДІЛІВ ІНСТРУКЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯ  
КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН  
ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР ДО ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО  
ВИВЧЕННЯ РЕСУРСІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДІЛЯНОК  
ТА ЗАПАСІВ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ**

*Довганич А.В., dovgandr@ukr.net,  
Стасишина Н.В., stasyshyna\_natalia@ukr.net,  
Ковлагіна Г.К., galinakovlagina@ukr.net,  
ДП «Укрнаукагеоцентр» м. Полтава, Україна*

У статті наведені пропозиції щодо конкретизації та доповнення окремих підрозділів Інструкції із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу.

**PROPOSALS FOR SPECIFYING ( CHANGING, SUPPLEMENTING)  
CERTAIN SUBSECTIONS OF THE INSTRUCTIONS FOR APPLYING  
THE CLASSIFICATION OF MINERAL RESERVES AND RESOURCES  
OF THE STATE SUBSOIL FUND TO THE GEOLOGICAL  
AND ECONOMIC STUDY OF RESOURCES OF OIL AND GAS FIELDS  
PROSPECTIVE AREAS AND RESERVES**

*Dovhanych A., dovgandr@ukr.net,  
Stasyshyna N., stasyshyna\_natalia@ukr.net,  
Kovlahina H., galinakovlagina@ukr.net,  
SE "Ukrnaukageocenter", Poltava, Ukraine.*

The article provides proposals for specifying and supplementing certain subsections of the Instruction on the application of the classification of mineral reserves and resources of the State Subsoil Fund to the geological and economic study of resources of oil and gas fields prospective areas and reserves.

Геолого-економічна оцінка родовищ вуглеводнів у вітчизняній практиці здійснюється базуючись на положеннях Інструкції із класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу. Ця Інструкція введена в дію з 1999 року і дотепер суттєві зміни в неї не вносились.

При виконанні геолого-економічної оцінки родовищ вуглеводнів різної ступені вивченості та складності геологічної будови, фахівцями нашого підприємства виявлено ряд неоднозначностей щодо застосування положень «Інструкції із класифікації...», які впливають на достовірність геолого-економічної оцінки.

Враховуючи багаторічний досвід виконання звітів з геолого-економічної оцінки родовищ вуглеводнів, авторами пропонується внести деякі зміни та доповнення до окремих підрозділів Інструкції.

*Розділ 6 «Розподіл запасів та ресурсів на класи» доповнити підрозділом 6.2, де надати додаткові роз'яснення та внести уточнення та зміни щодо віднесення запасів та ресурсів до відповідних кодів класів.*

Запаси, які за ступенем промислового значення віднесені до групи балансових:

код класу 111 – балансові, розвідані, видобувні (достовірні) запаси. Проводиться розробка покладу. Оцінка запасів проведена за двома і більше методами підрахунку (об'ємним, статистичним, методом падіння пластового тиску, матеріального балансу і т. д.). В інструкції відсутні допустимі межі щодо розбіжності між ними у відсотковому співвідношенні. Необхідно привести відповідні значення в залежності від величини оцінених запасів.

код класу 121 – балансові, розвідані, видобувні (вірогідні) запаси. Проводиться розробка



покладу (початкова стадія). Оцінка запасів проведена об'ємним методом, а для оцінки запасів іншими методами відсутні (або недостатні) достовірні геолого-промислові дані.

код класу 122 - балансові, попередньо-розвідані, видобувні (вірогідні) запаси. Отримані промислові припливи вуглеводнів та виконано дослідження на усталених і не усталених режимах, яких достатньо для прогнозування розробки покладу (ДПЕ в силу різних причин не проводилась). Оцінка запасів проведена об'ємним методом.

Видобуток і втрати при видобутку по кожному покладу, разом по родовищу підлягають списанню із запасів за кодами класів 111, 121, 122. У випадку відсутності на Державному балансі корисних копалин України запасів зазначених класів, а продовжується видобуток вуглеводнів, необхідно виконати переоцінку запасів окремих покладів чи родовища в цілому.

Запаси, які за ступенем промислового значення віднесені до групи умовно балансових та групи позабалансових:

код класу 211 – умовно балансові (соціально обмежені), розвідані (загальні) запаси розробка яких очікується. Запаси за техніко-економічними розрахунками є комерційні, проте не відповідають соціальним вимогам (площа або частина площі знаходиться в межах природоохоронних зон (заповідники, населені пункти і т. д.));

код класу 221 – умовно балансові (обмежено економічні), розвідані (загальні) запаси розробка яких зупинена. Групу запасів за техніко-економічними розрахунками однозначно визначити не можливо (відсутні геолого-промислові дані для проєктування розробки, свердловина працювала нестабільно, на дату оцінки з технічних чи інших причин зупинена і ін.).

код класу 222 – позабалансові (потенційно економічні), попередньо-розвідані (загальні) запаси розробка яких за техніко-економічними розрахунками (на момент проведення розрахунків) нерентабельна, але в майбутньому вони можуть стати об'єктом промислового значення.

Запаси та ресурси, які за ступенем промислового значення віднесені до групи з невизначеним промисловим значенням:

код класу 331 – розвідані запаси. Проводиться видобуток вуглеводнів, а більшість підрахункових параметрів (площа нафтогазоносності, пористість, нафтогазонасиченість, пластовий тиск, температура, пластова вуглеводнева система) не визначені. Також відсутні геолого-промислові дані для проєктування розробки;

код класу 341 – залишкові (додаткові) розвідані запаси у надрах, що не видобуваються (невидобувна частина початкових загальних запасів кодів класу 111+341, 121+341);

код класу 332 – промислове значення запасів не визначене. В межах відкритих родовищ (ГЕО-1, ГЕО-2), де за результатами пробурених свердловин побудована петрофізична модель та обґрунтовані кондиційні параметри пористості, проникності, нафтогазонасиченості, що дало змогу визначити підрахункові параметри. Пористість, нафтогазонасиченість та площа нафтогазоносності визначені за даними ГДС та сейсмічних досліджень, проте відсутнє випробування в експлуатаційній колоні, або отримані результати випробування дали неоднозначний результат;

код класу 342 – залишкові (додаткові) попередньо-розвідані запаси у надрах, що не видобуваються (невидобувна частина початкових загальних запасів кодів класу 122+342);

код класу 333 – промислове значення перспективних ресурсів не визначене. Підрахункові параметри (пористість, нафтогазонасиченість, пластовий тиск, температура, пластова вуглеводнева система) прийняті за аналогією із сусідніми родовищами. Площа нафтогазоносності визначається за даними детальних сейсмічних досліджень в межах структури (ділянки), яка підготовлена до пошукового буріння (наявний паспорт на підготовлений до пошукового буріння об'єкт). В межах нових площ, якщо є пробурена свердловина і підрахункові параметри (пористість, нафтогазонасиченість) визначені за даними оперативного заключення ГДС проводиться оцінка перспективних ресурсів.

код класу 334 – промислове значення прогнозних ресурсів не визначене. Підрахункові параметри (пористість, нафтогазонасиченість, термобаричні умови, пластова вуглеводнева система) прийняті за аналогією із сусідніми родовищами. Площа нафтогазоносності

визначається за даними рідкої сітки сейсмічних досліджень в межах площі.

*Розділ 8. «Вимоги до підрахунку запасів родовищ та оцінки перспективних ресурсів нафти, газу, конденсату і наявних у них корисних компонентів».*

До пункту 8.1.1 внести наступні уточнення та доповнення:

В напрямку занурення пласта зовнішній контур розвіданих запасів проводиться на рівні абсолютної відмітки нижніх отворів перфорації (НГПП), або в разі безводного припливу в процесі випробування та експлуатації свердловини на рівні підосви продуктивного пласта (НГВП). Зовнішній контур розвіданих запасів в напрямку здійснення пласта визначається границями зон дренування вуглеводнів, визначеними за даними свердловин, які під час дослідно-промислової розробки дали сталі промислові припливи. Оцінка таких покладів проводиться за кодом класу запасів 111+341.

В окремих випадках запаси, які віднесені до коду класу 111, можуть визначатись в об'ємі видобутку (незначний видобуток, нестабільна робота свердловини тощо).

В межах родовища (покладів), де проводиться дослідно-промислова розробка (початкова стадія) та відсутні відповідні дані для розрахунків, величина радіусу зони дренування приймається за аналогією з визначеними границями зон дренування, які характеризуються подібними термобаричними та фільтраційно-ємнісними властивостями.

При відсутності відповідних даних для розрахунків та покладів аналогів, величина зони дренування не повинна перевищувати 500 м.

Оцінка таких покладів проводиться за кодом класу запасів 121+341.

Продуктивні свердловини, в яких не проведена ДПР, можуть включатись у контур розвіданих запасів, якщо вони є внутрішніми відносно нього.

До 8.1.2 внести наступні уточнення та доповнення:

Попередньо розвідані запаси підраховуються:

- на частково розвіданих родовищах (покладах) – за умови отримання в одній або декількох свердловинах припливів нафти або газу (в тому числі випробувачем пластів) і позитивних результатів геофізичних досліджень в невиконаних свердловинах. Площа підрахунку запасів кожного покладу на структурній основі обмежується рівнем його підосви за наявності безводного припливу, або рівнем його підосви (без змін);

- на розміщених гіпсометрично вище нерозвіданих ділянках покладів, які за відсутності тектонічних порушень безпосередньо прилягають до ділянок з розвіданими запасами, які перебувають в розробці. Площа з попередньо розвіданими запасами екстраполюється від свердловин, що дали продукцію, на відстань, яка відповідає подвійному радіусу визначеному для розвіданих запасів даного покладу. У разі відсутності даних для розрахунків дренованих об'ємів розвіданих запасів, площа з попередньо розвіданими запасами не повинна перевищувати 1000 м від свердловин, що дали продукцію. Всі параметри необхідні при проведенні техніко-економічних розрахунків приймаються за аналогією із сусідніми розвіданими ділянками, або за допомогою екстраполяції (відповідно виконаних техніко-економічних розрахунків оцінка проводиться за кодами класів 122+342, 222). Оцінка запасів за межами вказаних радіусів, але в межах встановлених границь покладу, проводиться за кодом класу 332;

- на розміщених гіпсометрично нижче ділянках покладів, які за відсутності тектонічних порушень безпосередньо прилягають до ділянок з розвіданими запасами за умови отримання в одній або декількох свердловинах припливів вуглеводнів (в тому числі випробувачем пластів) та позитивних результатів геофізичних досліджень в невиконаних свердловинах, фільтраційно-ємнісні властивості яких подібні. Площа з підрахованими запасами обмежується площиною на рівні нижньої абсолютної відмітки підосви продуктивного пласта, або на рівні абсолютної відмітки визначеного за даними ГДС (випробування) контакту продукція-вода (відповідно виконаних техніко-економічних розрахунків оцінка проводиться за кодами класів 122+342, 222). За умови, якщо ФЄВ визначені за ГДС і не підтверджені випробуванням, оцінка запасів проводиться за кодом класу 332;

- в покладах, які були введені в ДПР, але видобуток з них вуглеводнів склав незначну величину, а за результатами роботи свердловин не були отримані геолого-промислові дані,

необхідні для проектування розробки. Оцінка запасів проводиться за кодом класу 221.

Пропонується виключати з підрахунку запасів пласти, які визначаються як продуктивні за даними промислово-геофізичних досліджень, але при випробуванні яких, незважаючи на проведені заходи по інтенсифікації, припливу вуглеводнів не було отримано.

Висновок: У разі доповнення вищевикладеними підрозділами «Інструкція із застосування...», яка є основним нормативним документом при класифікації запасів та ресурсів вуглеводнів родовищ і площ, набуде чіткого змісту та дасть можливість однозначно класифікувати запаси за ступенем геологічного, техніко-економічного, промислового значення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу. К.: ДКЗ України, 1999. 67 с.

2. Підрахунок запасів нафти і газу: підручник / Рудько Г.І., Ляху М.В., Ловинюков В.І., Багнюк М.М., Григіль В.Г. – За заг. ред. доктора геолого-мінералогічних наук, доктора географічних наук, доктора технічних наук, професора Г.І. Рудька. Київ – Чернівці: Букрек, 2016. 592 с.

## **ВПЛИВ ЗАХОДІВ З ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВАРІАНТІВ РОЗРОБКИ НА КІНЦЕВІ КОЕФІЦІЄНТИ ВИЛУЧЕННЯ ВУГЛЕВОДНІВ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ**

*Тимків А.Я., tymkiv.andriy@ugv.com.ua;*

*Фікерт І.Л., iryna.fikert@ugv.com.ua;*

*Письменний І.В., ivan.pysmennyi@ugv.com.ua;*

*Курочкін К.С., к. екон. н., kurochkin.kirill@ugv.com.ua;*

*Медведєв І.А., medvedev.ivan@ugv.com.ua;*

*Філія Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз)*

*АТ «Укргазвидобування», м. Харків, Україна*

В роботі наводяться результати аналізу впливу заходів з технологічного забезпечення варіантів розробки при визначенні показників видобутку на завершальних стадіях розробки газоконденсатних покладів та проаналізовано їх вплив на кінцеві коефіцієнти вуглеводневилучення при здійсненні геолого-економічної оцінки.

## **THE INFLUENCE OF MEASURES FOR THE TECHNOLOGICAL SUPPORT ON THE FINAL RECOVERY FACTOR WHEN PERFORMING A GEOLOGICAL ECONOMIC EVALUATION**

*Tymkiv A., tymkiv.andriy@ugv.com.ua;*

*Fikert I., iryna.fikert@ugv.com.ua;*

*Pysmennyi I., ivan.pysmennyi@ugv.com.ua;*

*Kurochkin K., Cand. Sci. (Econ.), kurochkin.kirill@ugv.com.ua;*

*Medvedev I., medvedev.ivan@ugv.com.ua;*

*Ukrainian Research Institute for Natural Gases (UkrNDIgas) subsidiary*

*of Ukrgasvydobuvannya JSC, Kharkiv, Ukraine*

The paper presents the analysis results of the influence of measures for technological support of development options in determining production indicators at mature gas-condensate fields on their final development stages. Also the paper analyzes the influence on the final recovery factor when performing a geological economic evaluation.

Більшість родовищ України знаходяться на завершальній стадії розробки, тому необхідна якісна і точна оцінка запасів вуглеводнів для подальшої експлуатації та вироблення залишкових запасів. Основною метою проведення геолого-економічної оцінки є виявлення інвестиційно привабливих геологічних об'єктів для їх освоєння, встановлення їх промислового значення та економічної ефективності розробки.

Сучасні методики проведення геолого-економічної оцінки запасів вуглеводнів передбачають достовірне вивчення всіх даних, що характеризують родовище, не лише геологічних але й технологічних умов розробки, а також економічних параметрів його експлуатації. На різних стадіях вивчення встановлюють перспективність, промислове значення об'єкту та ефективність його використання у майбутньому. При цьому відбувається прогнозування як технологічних параметрів, так і економічних, останні в свою чергу відрізняються істотними коливаннями і динамічністю в часі. Фактори, що визначають промислову цінність родовища, як правило, об'єднуються в основні три групи – геологічні, технологічні, економічні.

До основних геологічних факторів, що впливають на коефіцієнт вилучення газу та конденсату з надр, належать їх початкові запаси, глибина і термобаричні умови покладів, фізико-хімічні властивості пластового газу, тиск початку конденсації та характер кривої потенційного вмісту конденсату, колекторські властивості продуктивних горизонтів і ступінь їх літологічної однорідності, складність геологічної будови родовища (тектоніка) та активність пластових вод [1]. З іншого боку, на ступінь вилучення вуглеводнів з надр суттєвий вплив мають технологічні та техніко-економічні фактори, основними з яких є: спосіб розробки покладів (виснаження чи підтриманням пластового тиску); щільність сітки свердловин та вибір інтервалів розкриття пластів; темпи відбору газу із свердловин і родовища; якість будівництва, розкриття та освоєння

свердловин; надійність їх конструкції, захисту від корозії, можливість регулювання розробки пластів в умовах просування пластових вод; система промислового збору, підготовки й транспортування газу та конденсату; наявність місцевих споживачів низьконапірного газу; капітальні вкладення та експлуатаційні витрати, встановлені ціни на газ і конденсат.

Оскільки родовища, що розробляються в Україні переважно знаходяться на завершальній стадії розробки, то система розробки (виділення експлуатаційних об'єктів, основний фонд свердловин, система збору та підготовки, тощо) є визначена. Тобто, основний фонд свердловин вибурений, система збору та підготовки споруджена і забезпечує якість продукції та подачу її споживачу. При цьому мінімальні робочі тиски, виходячи з особливостей кожного родовища (підключення до магістрального трубопроводу, знаходиться в межах внутрішньо промислової системи збору з установками поглибленого вилучення вуглеводнів, обладнані ДКС, тощо), знаходяться в межах 1 – 4 МПа. Тому, для більшості родовищ одним з основних технологічних факторів стає мінімізація робочих тисків з метою досягнення високих значень коефіцієнтів вуглеводневилучення. Мінімальні значення устьового тиску можна забезпечити введенням в експлуатацію дотискних компресорних станцій, застосуванням устьових ежекторів і занурених свердловинних вакуумних компресорів, подачею газу місцевим споживачам і переробкою газу на місці видобування [2].

При виконанні техніко-економічного обґрунтування, як не від'ємної складової геолого-економічної оцінки запасів, розрахунки проєктних показників для газових та газоконденсатних покладів прийнято виконувати до мінімальних значень робочих тисків на рівні 0,1 МПа. Проте, не завжди пониження робочих тисків забезпечене відповідним обґрунтуванням технологічного обладнання та врахуванням витрат на його придбання та обслуговування. У разі коли відповідні рішення не є враховані в економічних розрахунках та технологічно не обґрунтовані (не підібраний відповідний МДКС, устьовий компресор, ежектор) це може призводити до завищення коефіцієнтів кінцевого вуглеводневилучення та нехарактерно низьких профілів товарного видобутку, що характеризуються додатнім значенням щорічного грошового потоку.

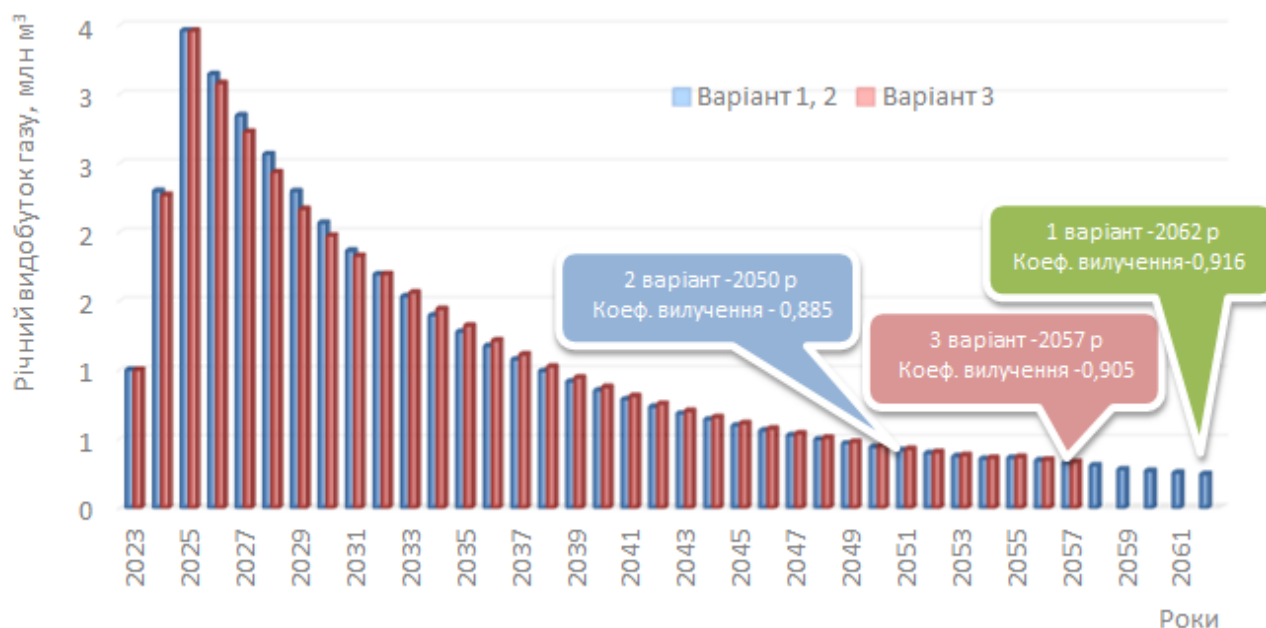
З метою оцінки впливу вище зазначеного фактору виконані гідрогазодинамічні та техніко-економічні розрахунки на прикладі окремих об'єктів розробки Західно-Борисівського та Вишневецького родовищ за трьома варіантами:

- 1) показники розробки виконані до мінімально робочого тиску 0,1 МПа без врахування як технологічної складової цього зниження так і економічної;
- 2) показники розробки виконані до мінімально робочого тиску 0,1 МПа з врахуванням як технологічної складової цього зниження так і економічної;
- 3) показники розробки виконані до мінімально робочого тиску 0,1 МПа з врахуванням максимального використання пластової енергії, технологічної та економічної складової.

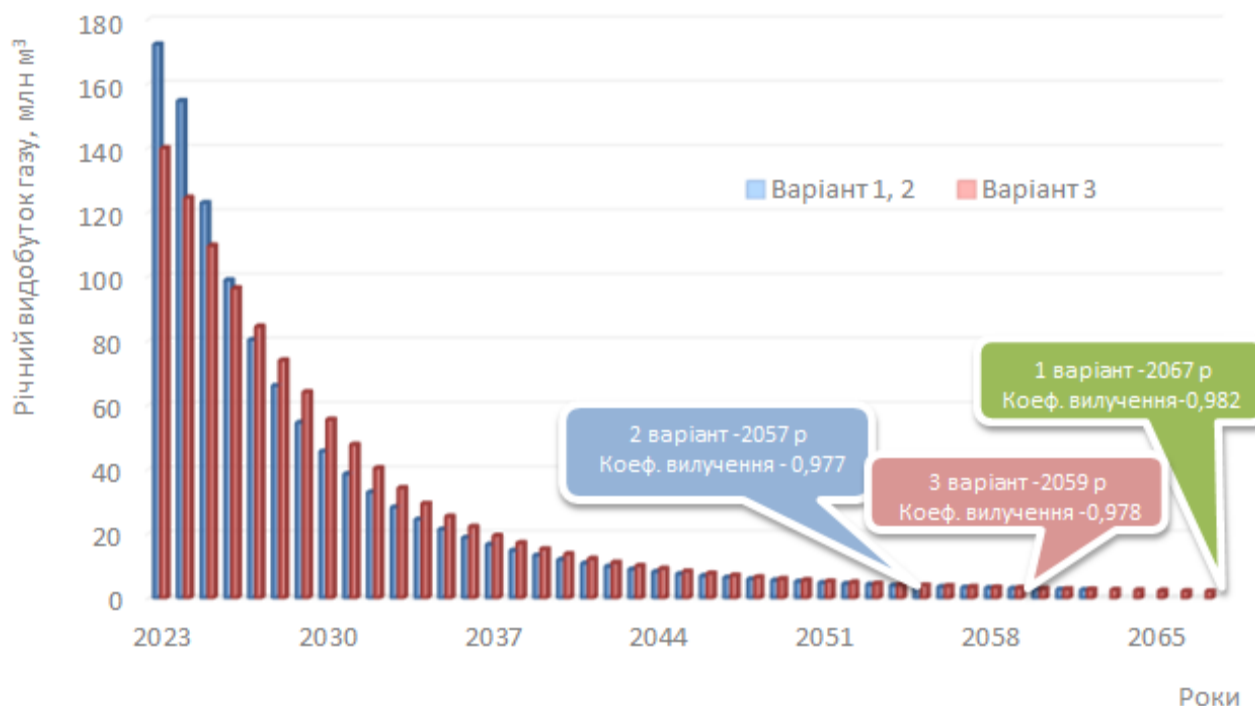
За результатами техніко-економічних розрахунків визначено профілі прогнозного видобутку газу та обґрунтовано кінцеві коефіцієнти газовилучення за варіантами (рис.1, 2).

Показники видобутку газу за варіантами 1 і 2 є аналогічними та забезпечують максимальне пониження робочих тисків з метою прискорення вилучення залишкових запасів. Однак відрізняються кінцевим коефіцієнтом газовилучення, оскільки варіант 1 не враховує витрати на технологічне забезпечення даного пониження. Що стосується варіанта 3, то при розрахунку прогнозних показників максимально використовується пластова енергія та компримування газу здійснюється на більш пізній стадії розробки. Це в свою чергу дозволяє використовувати менш потужне обладнання, яке характеризується меншим об'ємом перекачки, витратою паливного газу, тощо.

З метою технологічного забезпечення пониження робочого тиску до 0,1 МПа для 2 та 3 варіантів здійснено підбір компресорного обладнання. При визначенні рентабельного періоду розробки було враховано вартість дотискної компресорної станції, будівельно-монтажні роботи, витрати паливного газу та експлуатаційні витрати.



**Рис. 1. Динаміка прогнозного видобутку газу Західно-Борисівського ГКР за варіантами**



**Рис. 2. Динаміка прогнозного видобутку газу Вишневського ГКР за варіантами**

Отже, як видно з результатів проведених розрахунків, не врахування технологічної складової у варіанті 1 призводить до завищення кінцевих коефіцієнтів газовилучення від 0,5 до 3,1% в порівнянні з варіантом 2. При цьому в разі вибору оптимальної схеми технологічного забезпечення за варіантом 3 можливо досягти вищі коефіцієнти газовилучення на 0,1-2 % в порівнянні з варіантом 2.

#### **Висновки**

В дослідженні розглянуто вплив на коефіцієнти газовилучення лише однієї складової технологічного забезпечення, а саме встановлення компресорного обладнання з метою досягнення мінімальних робочих тисків.

Виходячи з проведених розрахунків, можна зробити висновки, що не врахування при обґрунтуванні варіантів розробки заходів із технологічного забезпечення може призвести до завищення видобувних запасів по газоконденсатних покладах. Крім того, при виконанні геолого-



економічної оцінки, крім заходів із забезпечення мінімальних робочих тисків на завершальній стадії розробки, слід не забувати про заходи із забезпечення оптимальних умов експлуатації свердловин. Як відомо, при виснаженні пластової енергії дебіти свердловин знижуються, що призводить до погіршення умов винесення рідини (конденсату, попутної пластової води). З метою забезпечення оптимальних умов експлуатації газоконденсатних свердловин слід передбачити впровадження відповідних заходів (подача ПАР, оптимізація ліфтових колон, газліфт, плунжер ліфт, тощо) [3]. Що в свою чергу теж можуть суттєво вплинути на кінцеві коефіцієнти газовилучення.

В заключенні, з огляду на викладене, необхідно відмітити, що повнота та якість обґрунтування технологічних заходів при визначенні показників видобутку на завершальних стадіях розробки газоконденсатних покладів надасть можливість більш достовірно визначати кінцеві коефіцієнти вуглеводневилучення, що в свою чергу впливає на визначення балансових запасів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Підрахунок запасів нафти і газу: підручник / Рудько Г.І., Ляху М.В., Ловинюков В.І., Багнюк М.М., Григіль В.Г. – За заг. ред. доктора геолого-мінералогічних наук, доктора географічних наук, доктора технічних наук, професора Г.І. Рудька. Київ–Чернівці: Букрек, 2016. 592 с.
2. Закиров С. Н. Разработка газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений. – М.: Струна, 1998. – 628 с.
3. Кондрат Р.М. Газоконденсатоотдача пластов. – М.: Недра, 1992. – 255 с.

## **НЕМОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УО (УЯВНОГО ОПОРУ) У СВЕРДЛОВИНАХ ПРОБУРЕНИХ НА РОЗЧИНАХ З ВУГЛЕВОДНЕВОЮ ОСНОВОЮ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНШИХ МЕТОДІВ**

*Дворецька А.М., anastasiia.liudkevych@gmail.com,*

*Садовнікова О.М., olenkasad14@gmail.com,*

*ДП «Укрнаукагеоцентр», м. Полтава, Україна*

Для підвищення ефективності методів ГДС в інтервалах свердловин пробурених на ВВ основі, необхідно впроваджувати нові методи каротажу в повсякденну практику. Існуючі методи оцінки характеру насичення пласта базуються переважно на методах електрометрії, яка не працює в даному буровому розчині. Це обмежує інформацію про тип пластового флюїду та погіршує оцінку підрахункових параметрів. Пропонується впровадження методу ядерно-магнітного резонансу (ЯМК), оскільки дана технологія дає можливість розширення відомостей про пластові флюїди.

## **IMPOSSIBILITY OF APPLYING RESISTIVITY METHODS IN WELLS DRILLED WITH HYDROCARBON-BASED FLUIDS AND RECOMMENDATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF OTHER METHODS**

*Dvoretska A., anastasiia.liudkevych@gmail.com,*

*Sadovnikova O., olenkasad14@gmail.com,*

*SE «Ukrnaukageocenter», Poltava, Ukraine*

To increase the efficiency of well logging methods in the intervals of wells drilled with a hydrocarbon base, it is necessary to introduce new logging methods into daily practice. Existing methods for assessing the nature of formation saturation are based mainly on resistivity logging, which does not work in this drilling fluid. This limits the information about the type of reservoir fluid and worsens the estimation of the calculated parameters. The method of nuclear magnetic resonance (NMR) is proposed to introduce, since this technology makes it possible to expand information about reservoir fluids.

Як тільки електричний каротаж був запроваджений у нафтовій промисловості, він став потужним інструментом для розчленування пластів, через які проходять свердловини, і для кореляції таких пластів. Дослідницькі та інженерні зусилля в цей ранній час були здебільшого спрямовані на розробку методів, які могли б забезпечити найкращі дані для цих цілей.

Пізніше увага була спрямована на кількісний аналіз електричних каротажів, щоб отримати інформацію про характеристики пласта, зокрема про нафто- та водонасиченість. Відповідно, були зроблені зусилля з метою вдосконалення вже існуючих методів або пошуку нових методів, які могли б задовольнити ці нові вимоги.

Кількісний аналіз має на увазі якомога точніше визначення істинного питомого опору пластів. Насправді, «уявний опір», зареєстрований проти даного пласта звичайним методом електричного каротажу, часто сильно відрізняється від істинного питомого опору цього ж пласта. Це пов'язано з загальним впливом бурового розчину, вміщуючих порід, а також зони проникнення, в якій вихідний флюїд був більш-менш замінений фільтратом бурового розчину.

Одним із головних факторів для проведення методів електрометрії є тип розчину, що застосовувався для буріння свердловини в певному інтервалі.

Існує велика кількість класифікації типів бурових розчинів із яких доцільно виділяти за наступними ознаками:

1. Розчини на водній основі;
2. Розчини на вуглеводневій основі (далі РВО);
3. Газоподібні.

Перші свердловини бурили з використанням води. У процесі буріння вода насичувалася дрібними частинками вибурених гірських порід, які, залишаючись у рідині, надавали їй нових властивостей, у тому числі сприяли кріпленню стінок свердловини, а також зниженню

фільтруючої здатності. При розбурюванні глинистих порід утворювалися промивальні рідини із стабільною структурою.

З часом промивальні рідини, почали готувати штучно і вони отримали назву глинистих розчинів. Для регулювання їх якості додавали різноманітні хімічні реагенти, що істотно розширило область їх застосування.

При застосуванні глинистих бурових розчинів маємо наступну геоелектричну модель проникного пласта-колектора. У цьому випадку обов'язково буде відбуватися фільтрація бурового розчину з свердловини в пласт. При цьому будуть утворюватися певні зони:

- 1. Повністю промита зона. У цій зоні весь першопочатковий флюїд був замінений буровим розчином.
- 2. Зона проникнення. У цій зоні в суміші знаходяться флюїд, який був в пласті першопочатково і буровий розчин.
- 3. Незмінена зона пласта. До цієї зони фільтрат бурового розчину не дійшов. Відповідно там знаходиться флюїд, який був першопочатково в пласті.

У випадку коли незмінена частина пласта заповнена нафтою, її опір буде значно вищим, ніж в промитій зоні. Тому що в промитій частині знаходиться вода, а в незміненій нафта. У зоні проникнення значення опору буде проміжним.

А якщо в незміненій частині знаходиться пластова вода, то значення опору у цій частині буде нижчим, ніж в промитій зоні. І якщо ми розділимо всю нашу область на три частини. І ми бачимо, якщо опір зростає, тоді пласт в нас насичений нафтою, якщо опір зменшується – то пласт водонасичений.

Отже, якщо ми отримаємо можливість виміряти опір трьох зон окремо, то ми зможемо отримати інформацію чим саме насичений наш пласт.

БКЗ один із методів уявного опору (УО), що базується на вивченні штучного електричного поля в гірській породі.

Оскільки при БКЗ використовується набір градієнт-зондів, то зонд малого розміру буде вимірювати опір ближньої зони, зонд середнього розміру буде вимірювати опір середньої зони, відповідно великий зонд, буде вимірювати віддалену зону. І ми отримуємо інформацію про електричну модель пласта. Проте в даного методу є суттєвий недолік – він не працює достатньо ефективно в пластах з потужністю менше 2 м.

Тут на допомогу приходить боковий каротаж. Зонди якого містять екрановані електроди, що дозволяє струмовим лініям з центрального електроду безпосередньо проникати в пласт, зменшуючи таким чином, вплив вміщуючих порід, дозволяючи виділити прошарки з малою потужністю. У свердловинах, які були пробурені останніми роками, проводиться модернізована версія бокового каротажу – багатозондовий боковий каротаж (HRLA).

Багатозондовий боковий каротаж забезпечує кращий запис питомого опору пласта. У цьому способі струм, переважно постійної інтенсивності, нагнітається в пласт перпендикулярно до стінки свердловини у вигляді листа заданої товщини за допомогою спеціального розташування електродів і автоматичної системи керування.

З HRLA буровий розчин має набагато менший вплив, ніж на звичайні методи. Таким чином, багатозондовий боковий каротаж особливо інформативний у свердловинах, пробурених із розчином з високою електропровідністю. Крім того, коли електродна система розташована навпроти пласта середньої або невеликої товщини, вплив вміщуючих порід стає практично виключеним, за умови, що товщина даного пласта більша за шар струму, товщина якого зазвичай становить від кількох дюймів до кількох футів. Послідовність пластів, таким чином, значно більш чітко диференційована, і в багатьох випадках можна отримати безпосередньо з каротажу значення, близькі до істинних питомих опорів пластів без подальших виправлень.

Поряд з позитивними властивостями глинистих розчинів, вони мають ряд недоліків. При промивці не завжди зберігається стійкість стінок свердловини, зменшується механічна швидкість буріння, збільшуються енергетичні затрати на промивку свердловини тощо. В останні роки були створені все більш досконалі рідини, які не містять глинистої складової або малоглинисті, де вміст останньої не перевищує 3–5 %. У першому випадку це вода з добавками

різноманітних хімічних реагентів, яка отримує властивості притаманні глинистим розчином або нові властивості, які змінюють характер взаємодії з породами.

Збереження природньої продуктивності колекторів та стійкості привибійної зони пласта є важливою темою, яка не втрачає своєї актуальності впродовж років. Від вдалої реалізації цього плану залежить ефективність розробки свердловини та ступінь вилучення вуглеводнів з продуктивних пластів. Отже, одним із важливих завдань для фахівців нафтогазової справи є виготовлення бурових розчинів, які володіють такими властивостями, що максимально забезпечують виконання даного плану.

Проходить поступове витіснення глинистих розчинів. З другої сторони у безглинисті розчини вводять невелику кількість високо-колоїдних глин, які суттєво не впливають на механічну швидкість буріння, але дозволяють отримати позитивні властивості глинистих розчинів. Також, все більшої популярності набувають розчини на вуглеводневій основі.

Для буріння свердловин у складних геолого-технічних умовах розкриття несумісних по умовам буріння інтервалів, наявності в розрізі колекторів з аномальним пластовим тиском та літологічною неоднорідністю колектора у світовій практиці використовують промивні рідини на вуглеводневій основі, які представляють собою складну багатоконпонентну колоїдно-хімічну суміш, при цьому дисперсійним середовищем виступають рідкі вуглеводні, а дисперсною фазою - вода та тверді компоненти. Їх можна розділити на два види: практично безводні та інвертні емульсії.

Перевагами промивних рідин на вуглеводневій основі є: забезпечення високої якості розкриття продуктивних пластів; низькі або нульові значення фільтрації; досить високі тиксотропні властивості; низька щільність у зваженому стан частинок фільтрату; задовільні показники прокачування незважаючи на порівняно високу в'язкість; нерозчинність гірських порід у їх дисперсійній середовищі; високі протизносні та мастильні властивості; висока стабільність у часі.

Одним з головних недоліків розчину на основі ВВ, з точки зору геофізики, є неможливість проведення методів електрометрії, окрім індукційного каротажу.

Індукційний каротаж базується на збудженні струму в гірських породах за допомогою індукційної котушки та вимірюванні вторинного сигналу прийомною котушкою. Створений для роботи в умовах непровідної промивної рідини.

Зонд індукційного каротажу складається з котушок – струмова котушка, яка створює електромагнітне поле. І це електромагнітне поле змушує рухатися електроди, які знаходяться в породі. Ці електроди створюють вторинне електромагнітне поле, яке ми записуємо приймальною котушкою. Відповідно, чим більше електродів, тим більша провідність середовища, тим більше сигналу ми отримаємо на прийомній котушці. Відповідно, сигнал, який ми отримуємо пов'язаний функціонально з електричною провідністю, яка по суті обернено пропорційна опору.

Виходячи з фізичних властивостей, індукційний каротаж є найбільш інформативний в провідному середовищі (водоносні пласти) та має певні погрішності в породах діелектриках (продуктивні пласти). А також за рахунок впливу скін-ефекту має погрішності в пластах малої потужності.

Тому в інтервалах, що пробурені на вуглеводневих бурових розчинах значно погіршується точність визначення коефіцієнта нафтогазонасичення продуктивних пластів, у зв'язку з обмеженою інформацією про електричну модель цих пластів.

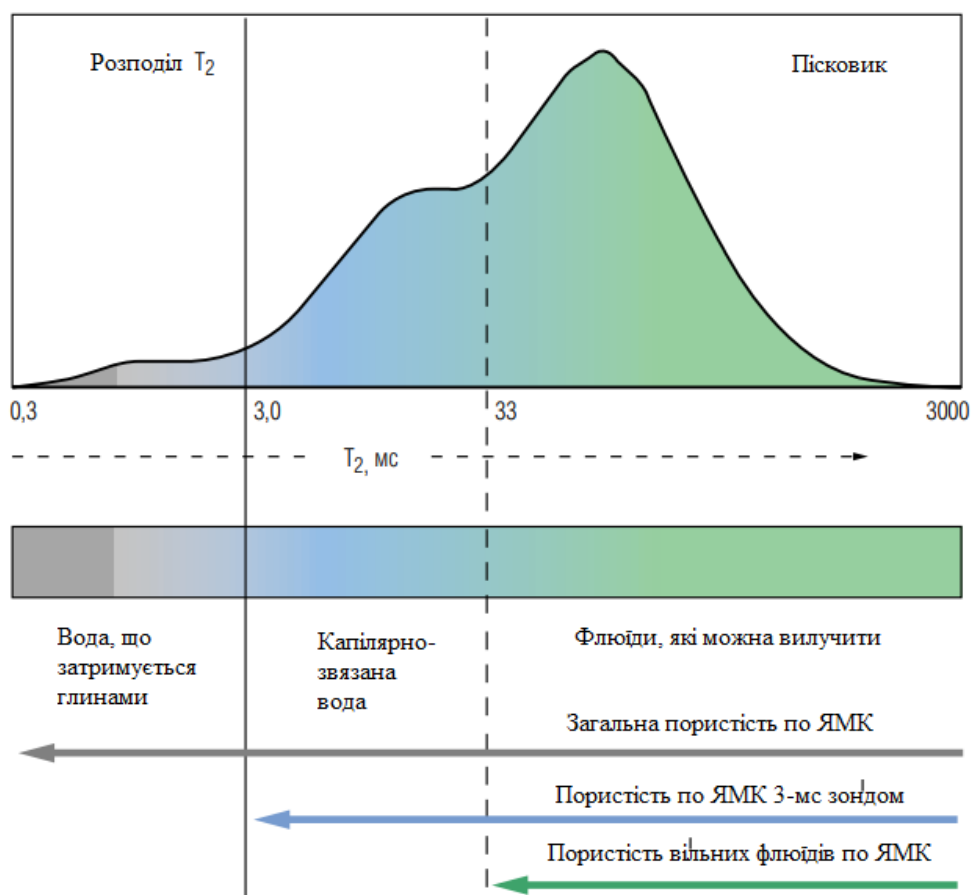
Авторами пропонується в свердловинах які буряться на вуглеводневій основі застосовувати ядерно-магнітний каротаж. ЯМК не дає нам інформацію про опір гірських порід, проте він дає можливість визначати, яка частина пористості пов'язана з пластовими флюїдами, що потенційно можуть бути вилучені на поверхню.

Чому саме ЯМК викликає у нас таку зацікавленість? Останніми роками іноземними геофізиками були проведені семінари і конференції по ЯМК і на даний час інформацію про досягнення в даному методі можна відшукати на просторах інтернету.

Апаратура ЯМК в значній мірі удосконалена, якість промислових досліджень майже наближена до лабораторних вимірювань. Даний каротаж дозволяє взяти інформацію про типи флюїдів, їх об'єм в пласті. Також за даним методом достатньо просто виділити інтервали в яких присутні вуглеводи та прогнозували їх вилучення. Незважаючи на всю складність фізичних процесів на яких базується ЯМК, принципи вимірювань відносно прості для розуміння.

Дослідження методом ЯМК дозволяє виявити два наступних важливих моменти. Амплітуда ехо-сигналів залежить від об'єму кожного флюїду. Час релаксації  $T_2$  для кожної компоненти, характеризує швидкість релаксації, в якій головну роль відіграє релаксація, викликана поверхнею зерен породи, або поверхнева релаксація. Значення  $T_2$  залежить, головним чином, від відношення площі до об'єму порового простору.

Розподіл  $T_2$  за даними ЯМК дозволяє визначати тип пластового флюїду. Оскільки флюїди, що містяться в малих порах близькі до поверхні зерен породи, характеризуються коротким часом релаксації  $T_2$ , а вільні флюїди в крупних порах – тривалим часом  $T_2$ , аналіз розподілу часів  $T_2$ , дає можливість диференціювати флюїди, що містяться в породи (рис. 1).



**Рис. 1. Розподілення часів  $T_2$  при ЯМК дають чітке уявлення про природу флюїдів. У водонасичених пластах пластах піщаника розподіл часів  $T_2$  відображає розподіл пор пласта по розміру. Більш короткі компоненти  $T_2$  відносяться до води, що знаходиться поблизу поверхні зерен і пов'язаної з нею**

Зіставлення записаних амплітуд ехо-сигналів для різних флюїдів дозволяє визначити значення загальної пористості по ЯМК, яке у водонасичених піщаниках зазвичай відповідає значенням пористості по ГГКш. В газонасичених інтервалах величина пористості по ЯМК так як і по НК, залежить від загального вмісту водню і, відповідно, невисока.

Значення загальної пористості, що визначається методом ЯМК по часах поперечної релаксації  $T_2$ , залежить від вмісту водню в пласті. Таким чином, в газонасичених зонах пористість по ЯМК отримується заниженою, оскільки вміст водню в газі нижчий, чим у воді або



нафті, і до того ж для газу характерна неповна поляризація. Різниця значень загальної пористості по ЯМК і густинному каротажу є ознакою присутності газу.

Диференціація пористості за допомогою ЯМК дає можливість визначити проникність та залишкову водонасиченість.

Для прикладу розглянемо два пласти-колектори, один з яких є газонасиченим, а другий – водонасичений (рис. 2). Дані пласти розкриті свердловиною, яка відноситься до родовища центральної частини північної прибортової зони ДДз.

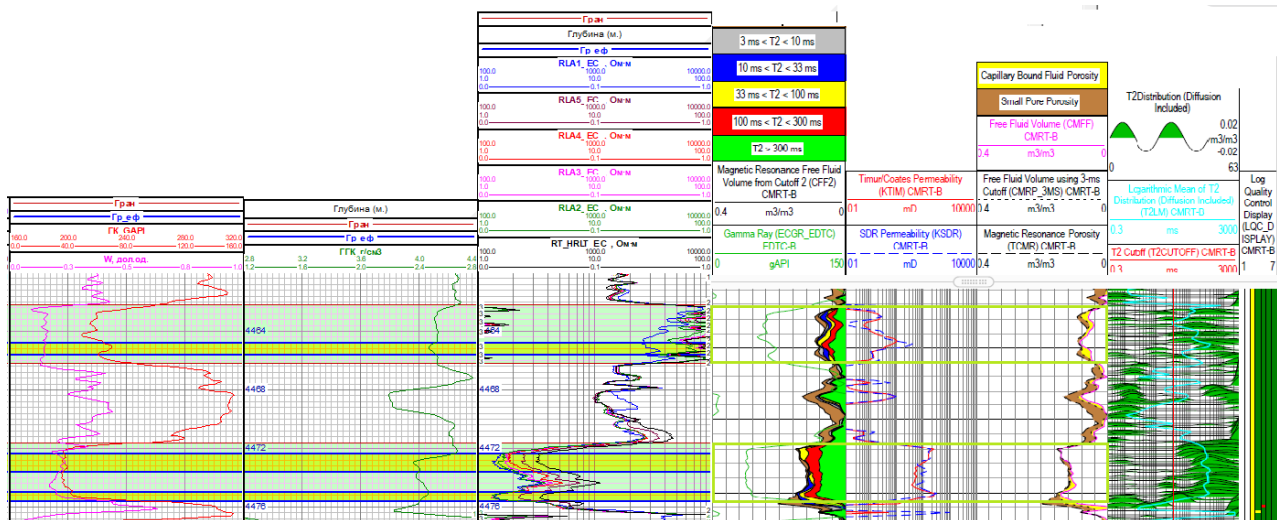


Рис. 2. Аналіз інтерпретації кривих УО та ЯМК

Розкриття пластів відбувалося на полімерному буровому розчині. У першому випадку маємо газонасичений пласт, який характеризується значеннями опору по боковому каротажу 79.4 Ом з пористість по ГГКш 0,11 д.о. За результатами ЯМК значення пористості в ефективній товщині 0.08, що є меншою від пористості по ГГКш. Також значення часу релаксації  $T_2$  є високим і відповідає діапазону пористості вільних флюїдів.

У другому випадку, чітко спостерігається збіжність пористості по ЯМК та ГГКш, в обох випадках  $K_p=14\%$ . Також значення  $T_2$  частково заходять в діапазон капілярно-зв'язаної води.

Згідно досліджень [2], після широкомасштабного застосування індукційного каротажу і помірного збільшення ЯМР-каротажу точність інтерпретації каротажу покращилася. Рівень збігу ідентифікації колекторів підвищено з 79% до 82,5%.

Отже, зі всього вищеописаного можна зробити висновки, що широкомасштабне застосування індукційного каротажу і помірного збільшення обсягів ЯМР-каротажу забезпечать основу для підвищення точності інтерпретації каротажу літологічних різновидів в інтервалах використання розчину на вуглеводневій основі. Повне використання переваг характеристик значень, зареєстрованих за допомогою індукційного каротажу і ЯМР-каротажу, забезпечує подальше підвищення точності.

#### Список використаних джерел:

1. SPWLA надають широку бібліографію публікацій по ЯМК. Її можна знайти за адресою: <http://www.spwla.org/>.
2. Сянчжен Чжао, Фенмін Цзинь, Ліхун Чжоу, Цюань Ван, Сюган Пу Reexploration Programs for Petroleum-Rich Sags in Rift Basins. – 2018 – Глава 9 – с 459-533.



## **РОЗВІДКА БУРШТИНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ СВЕРДЛОВИННОГО ГІДРОРОЗМИВУ: ПОЧАТКОВИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОБЛЕМАТИКА**

*Курена Я.С.<sup>1</sup>, к. геол. н., ser\_lukas@ukr.net;*

*Матвеєв А.В.<sup>2</sup>, д. геол. н., професор, mathwey@ukr.net;*

*Мамчур С.В.<sup>3</sup>, аспірант, mamchursv88@gmail.com;*

*1 – ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна,*

*2 – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків,  
ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна,*

*3 – Львівський національний університет імені І. Франка, м. Львів,  
ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна*

Метод свердловинного гідророзмиву або гідравлічне буріння застосовується при вивченні покладів бурштину в Польщі. В Україні використання цього методу для цілей геологорозвідки є дискусійним і невизначеним. Початковий аналіз вказує на те, що метод свердловинного гідророзмиву може бути застосований для проведення детальної та експлуатаційної розвідки покладів бурштину у поєднанні з класичними методами. Також визначені проблеми пов'язані із використанням методу і окреслені шляхи їх подолання.

## **GEOLOGICAL EXPLORATION FOR AMBER WITH APPLICATION OF THE METHOD BY HYDRAULIC DRILLING: INITIAL ANALYSIS AND PROBLEMATICS**

*Kurepa Ya.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), ser\_lukas@ukr.net;*

*Matveyev A.<sup>2</sup>, Doc. Sci. (Geol.), professor, mathwey@ukr.net;*

*Mamchur S.<sup>3</sup>, postgraduate student, mamchursv88@gmail.com;*

*1 – Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine,*

*2 – V. N. Karazin Kharkiv national university, Kharkiv,  
Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine,*

*2 – Ivan Franko L'viv National University,  
L'viv, Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine*

The method of hydraulic drilling is used for the geological exploration for amber deposits in Poland. In Ukraine, the using of this method is discussible and unspecified. Initial analysis shows that the method of hydraulic drilling could be used for the geological exploration for amber deposits combined with classical methods. Also, we specified the problems of the method's use and proposed ways of solving them.

В Україні методика геологорозвідувальних робіт на бурштин напрацьована впродовж 80-90-х років ХХ ст. під час проведення пошукових, пошуково-оцінювальних і розвідувальних робіт в Рівненській та Житомирській областях. Провідною організацією, яка виконувала в той час геологорозвідувальні роботи на бурштин було ВО «Західкварцсамоцвіти» (НВО «Кварцсамоцвіти»).

В подальшому, накопичений досвід проведення геологорозвідувальних робіт на бурштин в межах Українського Полісся проаналізований Державною комісією України по запасах корисних копалин та викладений у Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину (Інструкція).

Інструкція містить основні вимоги щодо вивченості покладів бурштину [1]. У частині вивчення розсіпів бурштину, в інструкції вказано, що воно здійснюється свердловинами великого діаметра (понад 100 мм), шурфами (дудками) діаметром від 500 до 1500 мм, траншеями (канавами) та дослідними кар'єрами, а також у природних відслоненнях. Вибір виду розвідувальних виробок, діаметрів свердловин та шурфів, способу опробування обґрунтовується в кожному конкретному випадку, виходячи зі складності геологічної будови покладу, вмісту й характеру розподілу бурштину та глибини залягання продуктивної товщі.

Методика проведення геологорозвідувальних робіт на бурштин, викладена в інструкції, успішно застосована під час пошуково-розвідувальних робіт в межах ділянок Олексіївка, Томашгород, Каноничі, Дубівка, Вирка, Жовкині, Володимирець, Замисловицька,

Правобережна, Білківська, Древлянська (-1, -2, -3) та розвідувальних робіт на родовищах Володимирець Східний, Клесівське (ділянки Федорівська і Пугач), Золоте.

У Польщі, де розробка покладів бурштину сягає корінням у XVI ст., розробка узагальненої методики розвідки бурштину розпочалася в кінці 80-х років XX ст. Сучасний виклад методики, розробленої науковцями Державного геологічного інституту, Академії ім. С. Сташиця (м. Краків), підприємства «НРС POLGEOLOG S. A.», Інституту мінеральних ресурсів та енергетики Польської академії наук і Варшавського університету в 2010 році, знаходимо у «Правилах пошуку і документування родовищ бурштину. Методичні рекомендації» (Правила) [2].

Правила вказують на необхідність вивчення покладів бурштину геофізичними методами (електричне або георадарне зондування) та виробками великого діаметру. Останні включають: свердловини діаметра не менше 14" (355 мм), гідравлічні свердловини, гідромеханічні виробки та шурфи. Застосування виду розвідувальних виробок визначається складністю геологічної будови покладу, характером розподілу бурштину і глибиною залягання продуктивної товщі.

Інструкція та Правила принципово відрізняються між собою у підході щодо забезпечення точності підрахунку ресурсів чи запасів бурштину. Відповідно до Інструкції, точність підрахунку кількості бурштину в покладі забезпечується більшим об'ємом опробуваної породи (від 0,2 до 4000 м<sup>3</sup>) при мережі виробок меншої щільності (50-100 м). Правила визначають щільнішу мережу розвідувальних виробок (25 м) і дозволяють підраховувати кількість бурштину опираючись на відносно малі об'єми опробування (0,05-0,08 м<sup>3</sup>). Також у Правилах при детальній розвідці надається перевага гідравлічному та гідромеханічному бурінню.

Гідравлічне та гідромеханічне буріння базується на розмиванні продуктивних відкладів напірним струменем води. Суть методу гідророзмиву полягає у перетворенні бурштиновмісної породи в місці її залягання в гідросуміш і переміщенні гідросуміші на поверхню. Гідросуміш подають на поверхню протитиском води, що нагнітається у поклад. На поверхні гідросуміш (пульпа) проходить крізь сита, де затримуються шматки бурштину відповідного розміру.

Проходження гідравлічних свердловин (гідророзмиву) забезпечується агрегатами, що складаються з потужного гідронасоса та шлангу, який на нагнітальному кінці обладнаний циліндричним стальним наконечником з міцними гострокутними зубцями.

Гідравлічні свердловини (гідророзмиву) застосовуються у Польщі для пошуків, розвідки та легального видобування бурштину з 70-х років XX ст [3]. Їх переважно застосовують старателі, що здійснюють свою діяльність на основі концесійних договорів на геологічне вивчення та непромислове видобування бурштину (для власних потреб у провадженні ювелірної справи). Підприємства, що займаються видобуванням бурштину у промислових об'ємах використовують свердловини гідророзмиву лише для розвідки покладів бурштину. Проте, в останні роки в Польщі піднімається питання у правовому регулюванні геологорозвідувальних робіт, які виконуються із застосуванням гідравлічного буріння, так як надрокористувачі фактично використовують цей метод для видобування бурштину, не отримуючи відповідну концесію [4].

В Україну метод свердловинного гідророзмиву прийшов на початку 90-х років з сусідньої Польщі. Він одразу став основним засобом пошуку та нелегального видобування бурштину, спершу на території Рівненської, а з 2014 року розповсюдився на північні райони Волинської, Житомирської та Київської областей. Апогей незаконного видобування бурштину припав на 2015-2017 роки.

При здійсненні незаконного видобування бурштину методом гідророзмиву «розвідку» проводили розмиваючи пробні свердловини по профілю або навмання через 10-50 м. Таким чином відразу ж дізнавалися про перспективність розвіданої площі на поклади бурштину. Єдиним критерієм пошуків вважалися шматки бурштину в намитій на поверхню пульпі.

Після зменшення попиту на нелегальну українську бурштинову сировину, проведення комплексної протидії незаконному видобуванню бурштину та низки законодавчих змін у сфері надрокористування, старательський промисел пішов на спад. Натомість, отримані та ініційовані

на отримання через процедуру аукціону десятки спеціальних дозволів на користування надрами з метою геологічного вивчення та видобування бурштину.

Збільшення кількості спеціальних дозволів призвело до створення нових викликів при застосуванні вимог Інструкції щодо вивченості покладів бурштину. Ці виклики пов'язані із проведенням геологорозвідувальних робіт в складних природних умовах та в умовах розсіяно-гніздового розподілу бурштину в продуктивних відкладах. Складні природні умови – умови, які не дозволяють залучати до проведення робіт важку бурову техніку, за допомогою якої здійснюється проходження свердловин великого діаметру чи шурфів, або їх залучення потребує значних фінансово-технічних затрат (перевищують вартість самого буріння). До таких умов відносяться болота і заболочені території, а також ділянки з підростаючим густим лісом та заболоченими лісами. Проведення розвідки в умовах розсіяно-гніздового розподілу бурштину вимагає значного збільшення густоти розвідувальної мережі, що призводить до зростання вартості робіт та збільшення часу на їх виконання.

Вперше методика використання свердловин гідророзмиву для підтвердження прогнозованих ореолів розсіювання шматків бурштину розміром +5 мм запропонована геологами Рівненської геологічної експедиції ПДРГП «Північгеологія» у 2009 році при виконанні геолого-прогнозного картування масштабу 1:200 000 західної частини Прип'ятського бурштиноносного басейну з оцінкою перспектив на бурштин. Проте, через асоціацію із незаконним (старательським) способом видобування ця ініціатива була відкинута.

У 2021 році при проведенні геологорозвідувальних робіт на групі ділянок бурштину площі «Древлянська» геологами ТОВ «ДРІВ ГЕО» (м. Рівне) розроблена та апробована методика застосування методу свердловинного гідророзмиву для виявлення кускового бурштину фракції +10 мм в умовах його нерівномірного (розсіяно-гніздового) розподілу. Свердловини гідророзмиву застосовувалися виключно як допоміжний засіб при виконанні робіт, що проводилися відповідно до Інструкції. На ділянці Древлянська-2, на частині виділеної площі дослідно-промислової розробки, проведене випереджуваче буріння свердловин гідророзмиву мережею 10×10 м з метою вивчення характеру нерівномірності розподілу кускового бурштину.

Дослідне застосування свердловин гідророзмиву при вивченні покладу бурштину на площі «Древлянська» показало, що при дублюванні свердловинами гідророзмиву бурових шурфів діаметру 500 мм, результати щодо наявності чи відсутності кускового бурштину переважно підтверджуються. Також, переважно співмірною є розмірність бурштину вилученого під час проходження виробок різними способами. Визначені після проходження свердловин гідророзмиву вмісти бурштину в продуктивній товщі, відповідно до методики запропонованої в Правилах, мали порядки тотожні вмістам, отриманим за результатами проходження бурових шурфів.

В результаті проходження свердловин гідророзмиву мережею 10×10 м виявлення кускового бурштину фракції +10 мм було досить «мозаїчним» – свердловини гідророзмиву, в яких був виявлений бурштин, часто чергувалися в мережі зі свердловинами гідророзмиву, у яких кусковий бурштин не був вимитий на поверхню. Також виділялися ділянки, де переважали свердловини гідророзмиву зі знахідками шматків бурштину і навпаки.

Завірення результатів проходження свердловин гідророзмиву густою мережею виконане лише на частині площі гідрологічного буріння. Проходження дослідного кар'єру підтвердило характер бурштиноносності продуктивних відкладів, прогнозований за даними буріння свердловин гідророзмиву. Проте, дослідницькі роботи, що стосувалися застосування свердловин гідророзмиву, не були виконані в повному об'ємі у зв'язку із згортанням дослідно-промислової розробки.

Починаючи з 2022 року геологорозвідувальні роботи із застосуванням свердловинного гідророзмиву проводять на ділянках, спеціальні дозволи на геологічне вивчення з подальшим видобуванням яких отримали підприємства, що входять у групу компаній «Амбер Гальбін». Свердловинний гідророзмив застосовується з метою геологічного вивчення покладу бурштину та «розм'якшення твердих порід для подальшого видобування» [5].

Підсумовуючи увесь власний здобутий досвід геологорозвідувальних робіт на бурштин, аналіз наслідків старательського видобування бурштину методом гідророзмиву в Україні, а також досвід польських геологів та гірників, можна окреслити переваги (позитивні фактори) та недоліки (негативні фактори) застосування методу свердловинного гідророзмиву при пошуках і розвідці бурштину.

Основним позитивним фактором є можливість виявлення кускового бурштину фракції +10 мм. Виявлення фракції меншого розміру (5-10 мм) є можливим за рахунок удосконалення технології опробування пульпи.

Глибина гідророзмиву може сягати понад 50 м, що засвідчують старателі, які видобували бурштин на північному-заході Рівненської області. Буріння ж свердловин великого діаметру та шурфів на глибину 20 м є технічно складним, а глибше – надзвичайно дорогавартісним.

При цьому, недоліком застосування методу свердловинного гідророзмиву є залежність можливості виявлення кускового бурштину від літологічного складу бурштиноносних відкладів та порід, що їх покривають та підстеляють. Ефективним метод гідророзмиву є лише для геологічних умов, де покрівельні та продуктивні відклади складені малоглинистими пісками, а підстеляючі – глинистими породами.

Якщо бурштиноносні породи перекриті шаром глин чи глинистих алевритів потужністю понад 2 м, то ці відклади погано розмиваються і створюватимуть природний бар'єр для виходу шматків бурштину з пульпою, а камера гідророзмиву набуває вигляду пісочного годинника.

Глинисті дрібнозернисті піски, особливо ущільнені, погано піддаються гідророзмиву, тому пройдені в них гідравлічні свердловини можуть не виявляти кусковий бурштин, або його кількість буде значно меншою від фактичної. Крім того, струмінь води в глинистих пісках може змінювати напрямок руху в бік меншого супротиву, створюючи у бурштиноносних відкладах відгалужені замоїни різної конфігурації.

Ефективне висхідне транспортування пульпи у свердловинах гідророзмиву досягається високим протитиском води. Останній утворюється при наявності природного бар'єру на шляху нагнітального струменя води. Тобто, для ефективного вилучення шматків бурштину із шару продуктивних відкладів, цей шар повинен залягати на щільніших породах – глині, алевритах, щільних глинистих чи алевритистих дрібнозернистих пісках, глинистій корі вивітрювання кристалічних порід. Якщо бурштиноносні відклади залягають над пухкими піщаними породами, то низхідний струмінь води втрачатиме в них свою енергію, що у свою чергу призведе до зменшення виштовхувальної сили гідросуміші.

Перелічені вище недоліки також мають вплив на кількість вилученого при гідророзмиві бурштину, що спотворює визначений на його основі вміст корисної копалини. Таким чином, ми переходимо до наступного фактору – можливості визначення вмісту бурштину в продуктивних відкладах.

Застосування методу свердловинного гідророзмиву для визначення вмісту бурштину можливе лише за умов неглибокого (до 10 м) залягання підосви бурштиновмісних відкладів у сприятливих геологічних умовах, а також суворого дотримання методики і технології проведення робіт.

При неглибокому заляганні підосви бурштиновмісних відкладів (10 м) та за умов, що продуктивний шар складений неглинистими пісками і не вміщує потужних (понад 30 см) прошарків глинистих порід, не перекритий шаром глин чи алевритів потужністю понад 2 м та підстеляється щільною породою, свердловина гідророзмиву матиме більш-менш витриману геометричну форму робочої частини – циліндра з нерівною твірною, що розширюється у верхній та нижній частинах. В такому разі, для обрахунку об'єму вилученої разом із пульпою бурштиновмісної породи можна застосувати формулу для обрахунку об'єму циліндра, де за площу основи прийняти площу гідравлічного отвору, що утворився на поверхні (уста свердловини), а за висоту – потужність продуктивних відкладів.

Якщо залягання підосви бурштиновмісних відкладів становитиме понад 10 м або геологічні умови відрізнятимуться від визначених сприятливими, то форма свердловини гідророзмиву буде складною, ізометричною – такою, що не підлягає геометризації з метою

розрахункового визначення об'єму вилученої продуктивної породи. При цьому, спрощення моделі свердловинного гідророзмиву до ідеальних умов не відображатиме істинного її стану та спотворюватиме отримане значення вмісту корисної копалини.

Суворе дотримання методики і технології проведення робіт вперш за все запобігає збільшенню розмиву бурштиновмісної породи при тривалому нагнітанні струменя води у продуктивні відклади та зміні форми нижньої частини свердловини гідророзмиву на умовний зрізаний конус або камеру розмиву, характерну для видобування. Дотримання технології вилучення бурштину сприяє повнішому вилученню шматків розміром +5 мм та визначенню вмісту корисного компоненту в покладі.

Перевагою методу свердловинного гідророзмиву є швидкість та мобільність здійснення робіт, особливо у складних природних умовах. Практичний досвід показує, що за один і той же час свердловинами гідророзмиву можна покрити площу удвічі більшу, ніж шурфами. Це робить метод привабливим для проведення детальної чи експлуатаційної розвідки із застосуванням густої (10 м) мережі проходження свердловин гідророзмиву.

До недоліків застосування методу свердловинного гідророзмиву при пошуках і розвідці бурштину відносимо: неможливість точного встановлення геологічного розрізу, літологічної характеристики бурштиновміщуючих відкладів, характеру розподілу бурштину, залежність від водопостачання, вплив на гірничо-геологічні умови, особливі екологічні вимоги до застосування, близькість до способу видобування і відсутність правового визначення методу.

Під час проходження свердловин гідророзмиву пухкі відклади руйнуються, переміщуються і перетворюються на водонасичену пульпу (гідросуміш). Таким чином встановити точний геологічний розріз за допомогою свердловини гідророзмиву не можливо. Визначення глибини залягання покрівлі щільних глинистих порід можливе із похибкою +10-30 см. Руйнування та перемішування породи у свердловині виключає можливість встановлення літологічної характеристики та стратиграфічної приналежності відкладів, що складають геологічний розріз.

Особливості переміщення шматків бурштину у висхідному потоці гідросуміші, а також залежність виходу бурштину від геологічних умов (описано вище), не дозволяє чітко визначити глибину знаходження та характер розподілу бурштину у покладі.

Все вище наведене обумовлює неефективність застосування методу свердловинного гідророзмиву на пошуковій та пошуково-оцінювальній стадії проведення геологорозвідувальних робіт через його малу інформативність для дослідження покладу бурштину.

Для роботи нагнітальної частини необхідний такий ресурс води, щоб забезпечував робочу потужність насосного обладнання. Тому метод гідророзмиву застосовується в місцях, де є доступними обводнені меліоративні канали, природні водотоки, озера чи болота. Ця умова застосування визначає і сезонність проведення робіт – у маловодні періоди року (жарке літо, холодна зима) відсутня достатня кількість води. Створення штучних водойм потребує відповідних дозволів та додаткових фінансових затрат.

Також, важливим фактором є віддаленість місця проведення буріння до найближчого джерела водопостачання. Визначена перевага у швидкості здійснення робіт має місце лише за умови незначної відстані до джерела води – 100-150 м.

За умови буріння свердловин гідророзмиву щільною мережею (10×10 м) продуктивний шар перенасичується водою на цій площі, а також може забруднюватися шматками глини, алевроїтів чи торфу, якщо ці породи залягають вище нього. На відновлення природної водності продуктивних відкладів може знадобитися від 3 до 6 місяців, в залежності від їх літологічного складу та гідрогеологічних умов території. Усе це призводить до погіршення гірничо-геологічних умов майбутньої експлуатації та повинно враховуватися при плануванні дослідно-промислового чи промислового видобування бурштину.

При проходженні свердловин гідророзмиву біля їх устя утворюється відносно потужний піщано-алевритовий намів, що покриває ґрунтово-рослинний шар. Тому задля недопущення негативних екологічних наслідків від провадження гідророзмиву слід: при проходженні свердловин гідророзмиву рідкою мережею (25-50 м) виконати відновлення чистоти ґрунтового

покриву навколо устя свердловини; при гідробурінні щільною мережею (10 м) виконати знімання ґрунтово-рослинного шару на усій площі проведення робіт.

Також необхідно враховувати те, що при гідророзмиві у підземні водоносні горизонти потрапляє неочищена вода з поверхневих джерел. Тому вона повинна бути попередньо дослідження на вміст небезпечних речовин.

В залежності від часу проведення гідророзмиву в межах однієї свердловини та характеру переміщення нагнітальної частини відносно осі свердловини цей метод може застосовується для розвідки чи видобування бурштину. Встановити реальну мету закладання свердловини гідророзмиву в таких умовах вкрай важко. Враховуючи стійку асоціацію методу свердловинного гідророзмиву із незаконним (старательським) способом видобування бурштину, його використання у геологорозвідувальних роботах може супроводжуватися ризиками негативної реакції з боку правоохоронних органів, землекористувачів чи природоохоронної спільноти.

Відсутність правового визначення методу, встановлення правил і обмеження його застосування, ускладнює сприйняття методу суспільством і дозволяє правоохоронним органам трактувати його застосування як незаконне видобування бурштину або нераціональне природокористування.

У підсумку, опираючись на результати перших досліджень можливості застосування методу свердловинного гідророзмиву при проведенні геологорозвідувальних робіт на бурштин, можна зробити наступні висновки:

- метод може застосовуватися для проведення детальної та експлуатаційної розвідки покладів бурштину у поєднанні з класичними методами;
- інформативність отриманих результатів та їх надійність залежать від особливостей геологічної будови ділянки проведення робіт та дотримання технології виконання робіт;
- проходження свердловин гідророзмиву щільною мережею потребує знімання ґрунтово-рослинного шару на усій площі проведення робіт, а також може ускладнювати гірничо-геологічні умови експлуатації покладу;
- необхідне проведення низки досліджень, щодо умов застосування методу, його ефективності та можливого впливу на екологію, проведення експертизи отриманих результатів Державною комісією України по запасах корисних копалин;
- у разі позитивного висновку Державної комісії розробити і прийняти відповідні доповнення до Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину.

#### **Список використаних джерел:**

1. Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 10 лютого 2003 року № 29 «Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0155-03#Text>

2. Niec M., Jurys L., Kasinski J. R., Klich J., Kramarska R., Listkowski W., Lazowski L., Malka A., Mucha J., Salacinski R., Saternus A., Urbanski P., Zielinski K. Zasady poszukiwan i dokumentowania zloz bursztynu. Zalecenia metodyczne. – Warszawa, 2010. – 52 s.

3. Malka A. Górnictwo holocénских злѳ bursztynu bałtyckiego [Посреп]. International Amber Researcher Symposium. Amber. Deposits-Collections-The Market. Gdańsk 22-23.03.2013. DOI: 10.13140/RG.2.2.21795.32809

4. Murzydo J. Wydobywanie kopalin bez wymaganej koncesji a inna dzia³alnooeæ zwi¹zana z wydobywaniem kopalin. Przegl¹d Geologiczny, vol. 70, nr 1, 2022 – 5-13 st.

5. Пошук бурштину нагадує гру в дартс. Як працюють професіонали з Амбер Гальбін? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ambergalbin.com/uk/poshuk-burshtynu-nahadiue-hru-v-darts-yak-pratsiuiut-profesionaly-z-amber-halbin/>



## ТОЧНІСТЬ ОБЧИСЛЕННЯ ЗАПАСІВ НАФТИ І ГАЗУ ПРИ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІЙ ОЦІНЦІ

*Михайлів І.Р., к. геол. н., доцент, iramykhailiv@ukr.net,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Підраховані запаси нафти і газу промислових груп складають основу стабільної роботи нафтогазовидобувної галузі країни, тому визначення їхньої кількості на місці залягання має велике державне значення. Підрахунок запасів, як кінцева стадія геологічного вивчення родовища є поглибленим аналізом усієї наявної геологічної інформації, яка збирається, опрацьовується та інтерпретується з певними похибками, що згодом впливають на прийняті підрахункові параметри та величину запасів. Максимальної точності підрахунку можна досягнути шляхом детального вивчення вихідних геолого-геофізичних даних та застосування такого комплексу їхньої інтерпретації, що найбільше відповідатиме геологічній будові досліджуваного родовища та дозволить уникнути грубих і систематичних похибок при їх використанні.

## ACCURACY OF CALCULATION OF OIL AND GAS RESERVES IN GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT

*Mykhailiv I., Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, iramykhailiv@ukr.net,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The estimated oil and gas reserves of industrial groups form the basis of the stable operation of the country's oil and gas industry. Hence, determining their quantity at the place of occurrence is of great national importance. Reserves calculation, as the final stage of geological study of the field, is an in-depth analysis of all available geological information that is collected, processed, and interpreted with specific errors that subsequently affect the accepted estimated parameters and the amount of reserves. The maximum accuracy of the calculation can be achieved by a detailed study of the initial geological and geophysical data and the use of such a complex interpretation that will most closely correspond to the geological structure of the studied field and will avoid systematic errors in their service.

Сучасний стан та подальший розвиток нафтогазовидобувного комплексу України можливий за умови повного управління та обліку запасів/ресурсів вуглеводнів та контролю їхнього використання. Уявлення про характер поширення та величину запасів зумовлені переважно науковим обґрунтуванням і розрахунками, отриманими при виконанні геолого-економічної оцінки ділянки надр. Такі розрахунки складають основу для розроблення стратегії видобування нафти і газу і одночасно обґрунтовують довготривалі програми пошуків і розвідки родовищ. Сучасні ринкові умови вимагають диференціювання ділянок надр з їхньою ресурсною базою за ступенем економічної доступності і визначення пріоритетних напрямів як нарощування видобутку, так і політики ліцензування перспективних на нафту і газ територій.

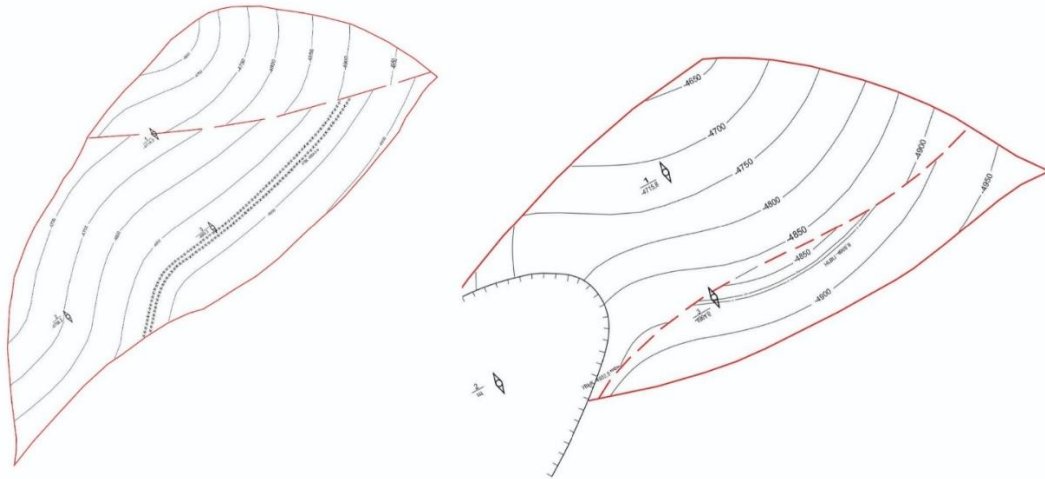
У той же час, не менш важливим завданням геолого-економічної оцінки є визначення достовірної кількості запасів нафти і газу на місцях їхнього залягання. З цією метою необхідно не лише виконати сукупність обчислень за потрібними формулами, а і проаналізувати та встановити:

- достовірність геологічних побудов: геологічних розрізів, структурних планів та оконтурення покладів;
- достовірність параметрів підрахунку запасів: ефективні товщини, відкрита пористість, нафтогазонасиченість, різноманітні коефіцієнти та поправки.

Найскладнішим у даному випадку є встановлення ступеню достовірності геологічних побудов, оскільки така перевірка потребує додаткової геологічної інформації щодо розподілу параметрів по площі або дозволяє схарактеризувати лише «минуле» без можливості внесення коректив по мірі проведення робіт.

У якості приклада можна навести структурні карти покрівлі одноіменного пласта-колектора, що були побудовані різними колективами геологів, при використанні ними одного і того самого пакету первинної геолого-геофізичної інформації: матеріали проведених сейсмічних досліджень, комплекс ГДС, дані буріння та випробування свердловин, дослідження керну тощо (рис. 1). Робота авторів включала переінтерпретацію геофізичних матеріалів – сейсморозвідки та ГДС, що покладено в основу геологічної моделі родовища, які у кінцевому варіанті виявились суттєво відмінними. Варто зауважити, що запаси підраховані за запропонованими моделями

відрізнялись близько 15 %, що є цілком допустимим для родовища незавершеного розвідкою.



**Рис. 1. Структурна карта покрівлі пласта колектора**

Визначення кількостей нафти і газу придатних для промислового використання у їхньому природному заляганні – підрахунок запасів – виконується об'ємним методом, який є основним і лише запаси, підраховані цим методом обліковуються Державним балансом запасів України [1]. Метод оснований на вивченні геологічних умов залягання нафти і газу у надрах, а усі необхідні параметри отримуються в процесі геологічного вивчення покладу. Поглиблений аналіз усієї наявної на момент підрахунку геологічної, геофізичної та промислової інформації дозволяє визначити та обґрунтувати усі необхідні підрахункові (оціночні) параметри, та провівши арифметичні дії за відомими формулами визначити «єдине» точкове значення кількості запасів.

Варто пам'ятати, що порядок подання на державну експертизу і оцінку до ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки розвіданих родовищ або об'єктів геологорозвідувальних робіт на нафту і газ визначається «Регламентом...» [2], у якому зазначено (п. 12, 13 розділу V), що оціночні параметри визначаються у таких одиницях виміру:

- площа в тисячах квадратних метрів з точністю до цілих тисяч;
- товщина в метрах з точністю до десятих часток одиниці;
- тиск у мегапаскалях з точністю до сотих часток одиниці;
- густина нафти, газу, конденсату і води в кілограмах на один кубічний метр з точністю до цілих чисел;
- коефіцієнт пористості з точністю до тисячних часток одиниці;
- коефіцієнт нафтогазонасиченості з точністю до сотих часток одиниці;
- коефіцієнт на усадку нафти з точністю до тисячних часток одиниці;
- газовміст пластової нафти у метрах кубічних на тонну з точністю до цілих чисел;
- поправки на температуру і відхилення від закону Бойля-Маріотта з точністю до сотих часток одиниці;
- коефіцієнт вилучення вуглеводнів визначається окремо для кожного покладу та для родовища в цілому із точністю до тисячних/сотих часток одиниці.

З метою стандартизації розмірності обсягів запасів нафти і газу нормативно-інструктивними документами ДКЗ передбачено здійснювати облік нафти і конденсату у тисячах тонн, вуглеводневих газів у мільйонах кубічних метрів.

Як бачимо увага акцентується не лише на одиницях виміру, а і на точності, з якою слід визначати той чи інший параметр. І якщо параметри, які одержуються шляхом рахунку (наприклад, кількість свердловин, кількість об'єктів тощо) визначаються точно, то параметри, які одержують шляхом вимірів (наприклад, площа нафтоносності, товщина продуктивного пласта, густина нафти тощо) завжди будуть наближеними, оскільки усі виміри проводяться із похибками [3], які можуть бути:

- грубими, що характеризуються значним відхиленням від істинних значень параметрів (їх легко виявляти і коригувати при проведенні контрольних вимірів);

- систематичними, які виникають внаслідок застосування несправного, неточного обладнання, невідповідних методів обчислень або вихідних даних (виявляються складно, але можна відкоригувати);

- випадковими, які виникають через допуски і наближення, недосконалість приладів або методик (не піддаються коригуванню).

У такому випадку, результати підрахунку запасів нафти умовного покладу за регламентованою у нормативних документах ДКЗ точністю усіх параметрів отримаємо у вигляді числа із десятковим дробом, що потребує округлення (табл. 1).

**Таблиця 1**

**Результати підрахунку запасів нафти**

Площа нафтоносності, тис. м <sup>2</sup>	Середня нафтонасичена товщина, м	Коефіцієнти, частки од			Густина нафти, кг/м <sup>3</sup>	Початкові загальні запаси нафти, тис. т	Коефіцієнт вилучення нафти, частка од.	Початкові видобувні запаси нафти, тис. т
		відкритої пористості	перахунковий	нафтонасиченості				
953	15,6	0,168	0,801	0,82	849	<b>1392,775</b>	0,425	<b>591,929</b>

Оскільки розрахунки пов'язані із визначенням як окремих параметрів, так і результатів підрахунку є математичними діями із числами різного порядку і всі наближені результати розрахунків і вимірів необхідно округлювати так, щоби в них залишались лише надійні цифри та лише одна не досить надійна. Тоді, за самим виглядом наближеного числа, без будь-яких додаткових вказівок, можна говорити про його точність, тобто, точність підрахунку запасів визначатиметься останньою значущою цифрою, а самі результати будуть виглядати таким чином:

- початкові загальні запаси нафти складатимуть: **1393** тис. т;
- початкові видобувні запаси нафти складатимуть: **592** тис. т.

Загалом ступінь точності промислової оцінки родовища нафти і газу залежить від стадії виконання робіт, і найнижча вона на початковій стадії вивчення, коли виявлені запаси низьких категорій, а найвища – наприкінці розробки, коли видобувні запаси практично вичерпані. Також зрозуміло, що кінцева величина запасів (тис. т або млн м<sup>3</sup>) залежатиме від значень кожного із підрахункових параметрів, і зміна бодай одного із них, призведе до зміни усього результату. Якоїсь чіткої залежності характеру зміни результату від зміни окремого параметру в абсолютних одиницях немає, проте простежується пряма залежність у відсотковому виразі: на скільки відсотків змінився параметр, на стільки відсотків і зміниться результат.

Отже, при виконанні підрахунку запасів нафти і газу слід використовувати оптимальні методики визначення усіх необхідних параметрів із перевіркою вихідних даних і матеріалів шляхом виконання контрольних розрахунків і відбракування неправильних даних. Максимальної точності підрахунку можна досягнути шляхом детального вивчення вихідних даних та застосування такого комплексу їхньої інтерпретації, що найбільше відповідатиме геологічній будові родовища.

**Список використаних джерел:**

1. Підрахунок запасів нафти і газу: підручник / Рудько Г. І., Ляху М. В., Ловинюков В. І., Багнюк М. М., Григіль В. Г. – За заг. ред. Г. І. Рудька. – Київ – Чернівці: Букрек, 2016. – 592 с.
2. Регламент подання на розгляд до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки запасів нафти, газу і супутніх компонентів, вимоги до їх оформлення та змісту», який затверджено наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 02 жовтня 2020 року № 170.
3. Лозинський О.Є., Лозинський В.О., Маєвський Б.Й., Гладун В.В., Чепіль П.М. Математичні методи в нафтогазовій геології. Підручник для студентів ВНЗ. – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 276 с.





# **ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ**







## **ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ НЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ ЗА ДАНИМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН**

**Федоришин Д.Д.**, д. геол. н., професор, *geophys@nung.edu.ua*,

**Трубенко О.М.**, к. геол. н., доцент, *geotom@nung.edu.ua*,

**Федоришин С.Д.**, к. геол. н., доцент, *geophys@nung.edu.ua*,

**Трубенко А.О.**, студент, *grf@nung.edu.ua*,

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Розглядаються результати вивчення фізико-літологічної характеристики геологічного розрізу порід неогенових відкладів Хідновицького газового родовища. Наведено результати визначення механічного складу зерен піщано-глинистого матеріалу неогенових відкладів Хідновицького родовища. У залежності від характеру і типу цементу обґрунтовано мінливість фільтраційно-ємнісних параметрів складнопобудованих порід-колекторів неогенових відкладів Хідновицького родовища.

## **SPECIAL FEATURES OF GEOLOGICAL STRUCTURE OF COMPLEX-BUILT RESERVOIR-ROCKS OF NEOGENE SEDIMENTS DUE TO WELL LOGGING**

**Fedoryshyn D.**, Dr. Sci. (Geol.), Professor, *geophys@nung.edu.ua*;

**Trubenko O.**, PhD of geological Sciences, Associate Professor, *geotom@nung.edu.ua*;

**Fedoryshyn S.**, PhD of geological Sciences, Associate Professor, *geophys@nung.edu.ua*,

**Trubenko A.**, student, *grf@nung.edu.ua*,

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

It is consider the results of study physical and lithological characteristics of geological Neogene sediments cross-section of Hidnovytske gas field. Shows the results determine texture of grains of sand and clay material Neogene sediments Hidnovytske field. Depending on the nature and type of cement reasonable volatility of filtration-capacitive parameters in difficult built reservoir rocks Neogene sediments of Hidnovytske deposits.

Основні проблеми, які виникають у процесі інтерпретації результатів геофізичних досліджень свердловин складнопобудованих геологічних розрізів пов'язані як із технологією проведення каротажу так і з низькою роздільною здатністю свердловинних приладів електричних та радіоактивних методів.

Значну роль в процесі геофізичних досліджень на точність визначення вимірних параметрів впливають також методи обробки та інтерпретації геолого-геофізичних результатів отриманих у свердловинах різних тектонічних умов.

Геологічні дослідження розрізів нафтових і газових родовищ дозволили отримати результати, які вказують на наявність у літолого-стратиграфічних комплексах, порід складної мінеральної та структурної будови.

Існуючі системи та методи геофізичної інтерпретації результатів свердловинних досліджень не завжди є ефективні, зокрема коли дослідження проводяться у свердловинах, які розміщені в межах родовищ із складною геологічною будовою розрізу. Окрім цього в стадії пошуку вуглеводнів виникають проблеми у процесі вирішення задач по виділенню порід-колекторів, оцінки їх характеру насичення та встановлення місць обводнення продуктивних пластів. Така проблема обробки та інтерпретації геолого-геофізичних даних спостерігається, як у межах Діпровсько-Донецької западини, так і у Карпатській нафтогазоносній провінції.

З метою вирішення вищевказаних проблем нами проведені науково-дослідні геолого-геофізичні роботи з використанням сформованих колекцій керна матеріалу відібраних із порід неогенових відкладів свердловин Хідновицького газового родовища. У результаті такого підходу було обґрунтовано оптимальний комплекс методів геологічних досліджень та побудовано петрофізичну основу інтерпретації їх результатів.

Особливості геологічної будови неогенових відкладів у межах Хідновицького родовища полягають у тому, що літолого-стратиграфічний комплекс сарматського ярусу, який входить до складу неогенової системи представлений чотирнадцятьма піщанистими пачками із яких сім є продуктивні (газонасичені). Згідно класифікації І.В. Вишнякова та Г.М. Федоровича дашавська світа поділена на дві підгрупи верхню та нижню, відповідно у яких виділяють 14 та 17 продуктивних піщано-алевритистих горизонтів. Таке літолого-стратиграфічне розчленування суттєво впливає на технологію проведення геолого-геофізичних досліджень та точність реєстрації фізичних параметрів.

Найбільш древніми за віком на Хідновицькому родовищі у геологічному розумінні є породи рифейської системи. Про це можна стверджувати за результатами геолого-геофізичних досліджень у свердловинах №№ 24, 29, 33. В основному це метаморфізовані, філітовидні, хлорито-серицитові сланці і філіти, перешаровані алевролітами, кварцовими пісковиками і кременистими аргілітами.

У вище залягаючих породах в основній масі розсіяні зерна лейкоксену, гідрооксидів заліза та розсіяні зерна піриту. Цементний матеріал порід в основному серецито-хлоритового типу, у якому зустрічаються луски мусковіту. Окрім цього за результатами петрографії породи рифейської системи мають значний вміст плагіоклазів, мусковіту, серициту та халцедону (10-15 %). В окремих взірцях порід спостерігається кластичний хлорит (5 %) та ланцюжкові згустки піриту (3-4 %) [1,2].

Такий компонентний склад порід рифейської системи обумовлює особливість форми їх відображення у геофізичних полях, що реєструються в процесі геофізичних досліджень свердловин. В окремих випадках навпроти піщаних та алевритистих порід, можна спостерігати позитивні аномалії  $\lambda^{nc}$  та низькі питомі електричні опори  $\rho_n$  (0,07-2,5 Ом·м), що характерно для глинистих та водо насичених порід.

Літолого-петрографічна характеристика порід-колекторів неогенових відкладів кайнозойської системи в основному найбільш повно представлена в межах дашавської світи. Продуктивні горизонти нижньо- та верхньодашавських підсвіт складені перешаруванням сірих пісковиків, алевролітів, вапнякових аргілітів з рідкими перешаруванням туфів і туфітів.

Колекторами у вище вказаних відкладах є піщано-алевролітові породи, у більшості випадків різнозернисті рідше грубозернисті, добре відсортовані по зернистості (0,25-0,5 мм). Товщина газонасичених порід змінюється в межах від 0,1 до 1,7 м. Уламковий матеріал представлений напівкруглими і голкуватими зернами (до 70 %). Від 10 % до 20 % у цих породах складають уламки мінералів – польові шпати, кальцити, мусковіт, (2-3 %) пірит, хлорити – (1-2,5 %). Тип цементу контактово-пористий та базальний [2].

Алевроліти олігоміктові кварцові, деколи з домішками гравелітового матеріалу, шаруватої текстури. Уламкова частина в олігоміктових алевролітах складена із зерен кварцу (до 70 %), із кварцитів та глинистих порід (до 20 %), а також до 10 % відмічається вміст уламків поліміктових польових шпатів, мусковіту і глауконіту. Такий різноманітний мінеральний склад матриці порід-колекторів неогенових відкладів Хідновицького родовища ускладнює інтерпретацію результатів свердловинних геофізичних методів. Згідно поділу на групи за колекторськими властивостями продуктивних відкладів [3], можна побачити, що породи колектори у першій групі де переважають середньо пористі пісковики і алевроліти достатньо чітко виділяються за результатами електрометрії та радіоактивних методів. На діаграмах електрометрії вище вказані породи характеризуються значеннями питомого електричного опору 30 Ом·м, аномальними значеннями  $\lambda^{nc} < (-65 \text{ Мв})$  та значеннями подвійного рівничного параметру  $\Delta J$  0,1 у.о. У той час породи-колектори другої групи, які переважають у горизонтах нижньодашавської світи, а саме НД-1, НД-2, НД-3, НД-5, НД-7, по всій площі південно-східної частини Хідновицького родовища виділяються менш чітко. В окремих випадках електричні, акустичні та радіоактивні методи не дозволяють здійснити літолого-стратиграфічне розчленування та виділити їх на фоні вміщуючи порід. Покази електричних та інших геофізичних методів є спотвореними і перекритими значеннями параметрів глинистих порід ( $\Delta J = 0,5 \div 0,65$  у.о). Ця проблема характерна для родовищ з пластово-склепінною тектонічно

екранованою будовою. До такого типу родовищ відносяться також Садковицьке, Пинянське, Залужанське, Опарське, Летнянське, Угерське та деякі інші, геологічна будова яких ускладнена поверхнею Стебницького насуву [4, 5].

Газовий поклад у цьому випадку в межах вище вказаних родовищ екранований також стратиграфічними і літологічними комплексами, що виповненні слабо проникними нижньобаденськими відкладами. Тектонічно і літологічно-екрановані поклади відмічаються у відкладах насувного покрову на контакті з міоценовими породами Пинянського і Богородчанського родовищ.

Таким чином наявність блокової будови та тонко ритмічного перешарування перспективних на вуглеводні геологічних розрізів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину обумовила специфіку формування самого газового покладу, визначило неоднозначність параметрів, що характеризують фізичні та колекторські властивості порід-колекторів і покришок.

#### **Список використаних джерел:**

1. Пилипів В.В. та інші. Визначення підрахункових параметрів колекторів для ГЕО, геолого-економічна оцінка та техніко-економічне обґрунтування коефіцієнтів газовилучення Хідновицького родовища, м. Стрий, 2012, 275 с.
2. Заяць Х.Б. (2013). Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ. Львів.
3. Медвідь Г.Б. (2011). Палеогідродинамічний чинник у процесі формування покладів вуглеводнів у межах північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Геодинаміка, № 2 (11), 199–201.
4. Морошан Р.П. (1996). Вдосконалення та випробування в нафтогазоносних регіонах України методики прогнозування геологічного розрізу на основі сейсмолітологічного аналізу даних сейсморозвідки та суміжної геолого-геофізичної інформації. Звіт з НДР (заключний). УкрДГРІ.
5. Павлюх О. (2009). Особливості геологічної будови та формування покладів газу в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин, 3, 31–44..

## СТРУКТУРА НИЖНЬОКРЕЙДОВИХ ЧОРНОСЛАНЦЕВИХ УТВОРЕНЬ СІЛЕЗЬКОГО ПОКРИВУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

**Гнилко О.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., с. н. с., ohnilko@yahoo.com,  
**Муровська А.В.<sup>2,3</sup>**, д. геол. н., с. н. с., murovskaya@gmail.com,  
**Богданова М.І.<sup>4</sup>**, асистент, milena.bohdanova@lnu.edu.ua,

1 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна,

2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна,

3 – Університет Парми, Департамент наук про хімію, життя та навколишнє середовище,  
Парма, Італія,

4 – Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

У роботі представлені результати вивчення структурного положення та розподілу потенційно нафтогенеруючих збагачених органікою нижньокрейдових чорносланцевих відкладів шипотської світи, поширених у межах Сілезького покриву, з використанням методів геологічного картування та структурного аналізу. Було встановлено, що ці відкладення утворюють «позитивну квіткову структуру», обмежену круто падаючими розривними порушеннями, є витиснуті знизу та, очевидно, поширені на деякій глибині в межах Сілезького покриву. З'ясовані структурна позиція та потенційне значне поширення чорносланцевих відкладів збільшують перспективи розвідки нафти і газу в районі дослідження.

## STRUCTURE OF THE LOWER CRETACEOUS BLACK SHALE FORMATIONS OF THE SILESIAN COVER OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

**Hnylko O.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), senior researcher, ohnilko@yahoo.com,  
**Murovskaya A.<sup>2,3</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), senior researcher, murovskaya@gmail.com,  
**Bohdanova M.<sup>4</sup>**, assistant lector, milena.bohdanova@lnu.edu.ua,

1 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of  
the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine,

2 – S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

3 – University of Parma, Department of Life Sciences and Environmental Sustainability, Parma, Italy,

4 – Lviv Ivan Franko National University, Lviv, Ukraine

The work presents a results of studying the structural position and distribution of potentially oil-generating organic-enriched Lower Cretaceous black shale deposits of the Shypot Formation, distributed within the Silesian Nappe, using the methods of geological mapping and structural analysis. We concluded that these deposits form a “positive flower structure”, are pushed out from below, and probably are widespread at some depth within the Silesian Nappe. The clarified structural position and potential significant spread of black shale deposits increases the prospects for oil and gas exploration in this area.

**Вступ.** В Українських Зовнішніх Карпатах збагачені органічною речовиною потенційно нафтогазогенеруючі товщі представлені тонколистуватими аргілітами (чорними сланцями), які розвинені, головним чином серед нижньокрейдових та олігоценових відкладів (Крупський і ін., 2014; Sachsenhofer & Koltun, 2012; Kosakowski et al., 2018). Загальний вміст органічного вуглецю (англ. TOC – Total Organic Carbon) в олігоценових чорних сланцях менілітової світи досягає 20%, хоча в середньому варіює між 4 і 8%, а в нижньокрейдових чорних сланцях – зазвичай перевищує 2% і може досягати 8% (Sachsenhofer & Koltun, 2012).

Одним з найдавніших нафтовидобувних районів Карпат є Сілезький покрив. В його межах у Польщі знаходиться більш ніж 40 родовищ нафти, що дає надію на відкриття нових родовищ і на українській території в межах розвитку цього покриву (Крупський і ін., 2014). Стратиграфічний розріз порід української частини Сілезького покриву (відомого також під назвою Кросненський покрив чи зона) містить збагачені органікою олігоценів (менілітова, дусинська світи) та еоценові (сойменська світа) відклади (Hnylko, Hnylko, 2019 і посилання там). Зауважимо, що в Польських Карпатах в так званому “чорному еоцені” Сілезького покриву вміст TOC досягає 1–2% (Waskowska, 2015).

Крейдові відклади в межах української частини Сілезького покриву відомі тільки як окремі локальні виходи порід шипотської світи в тильній його частину перед фронтом

Дуклянського покриву, де вони на опублікованих геологічних картах (Геологическая..., 1977 і ін.) зображені як олістоліти – тобто осувні тіла, які можуть бути алохтонними і не пов'язаними з породами власне Сілезького покриву. Найбільше з таких тіл шипотської світи відоме поблизу м. Воловець на г. Гимба та відслонюється в долині р. Віча і також інтерпретується як олістоліт (Геологическая..., 1977). Проте, була висловна думка, що це тіло може бути автохтонним і приналежним саме Сілезькій одиниці (Гнилко, 2011).

**Метою роботи** є деталізація геологічної будови нижньокрейдової чорносланцевої формації Сілезького покриву та уточнення перспектив її поширення. Застосовувались методи геологічного картування та структурного аналізу.

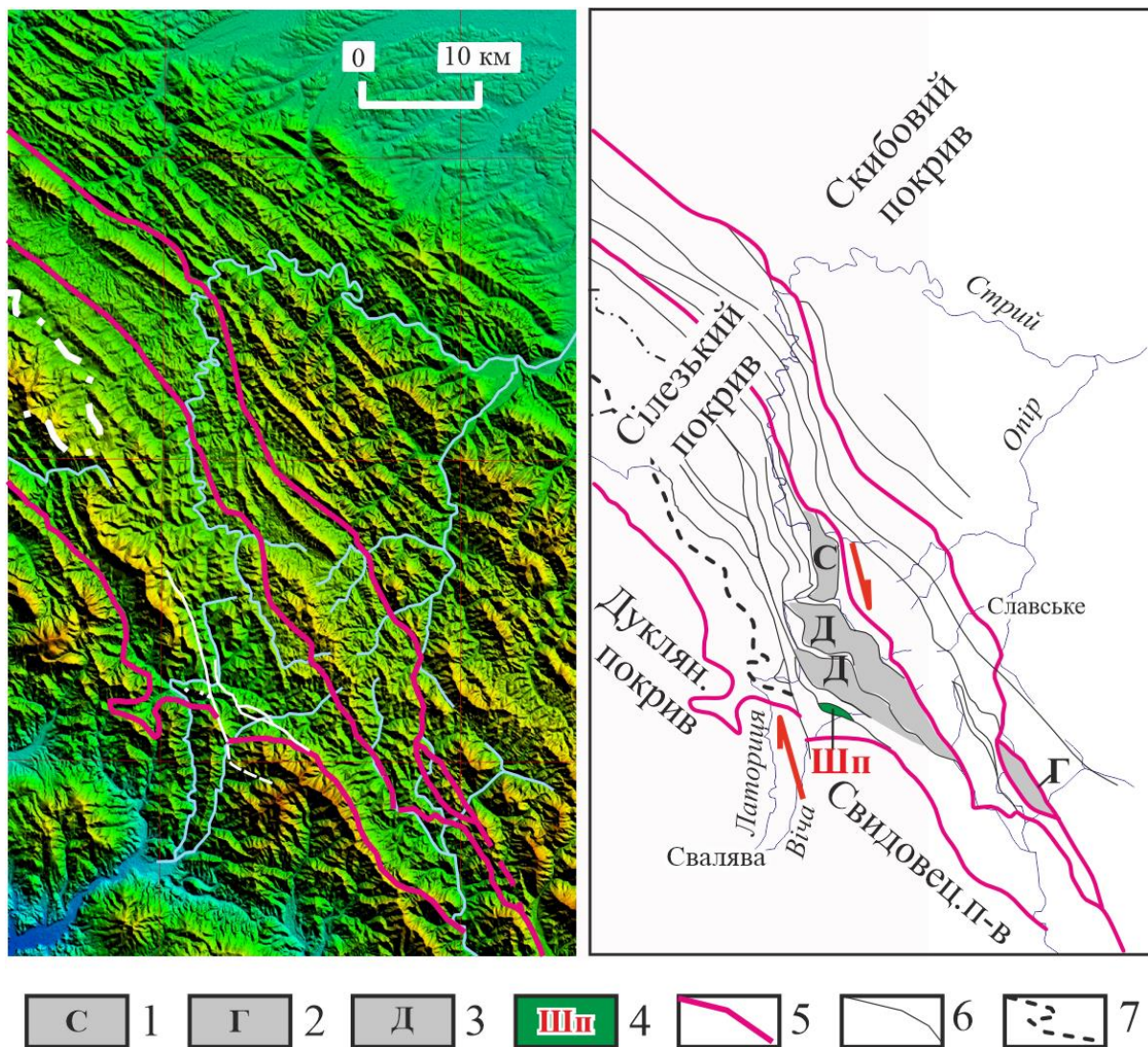
**Геологічна позиція.** Сілезький покрив належить до Зовнішніх (Флішевих) Карпат, які виповнені пізньоюрсько-міоценовими переважно флішевими відкладами і насунені на міоценові моласи Передкарпатського прогину. Зовнішні Карпати складені пакетом тектонічних покривів і розглядаються як крейдово-неогенова акреційна призма, утворена в результаті субдукції підфлішової основи Карпатського седиментаційного басейну під терейни Алькапа та Тисія-Дакія, які зараз розміщені у Внутрішніх (Центральних) Карпатах (Kováč et al, 2016 and references therein).

Більшу частину української території Сілезького покриву займають олігоценово-міоценові відклади, представлені типовими для Зовнішніх Карпат менілітовою (домінують чорні сланці), верецькою (або перехідною: сірий фліш з прошарками чорних сланців) та кросненською (сірий фліш) світами. Доолігоцені палеогенові утворення локально розвинені в центральних частинах покриву і складені, головним чином, чорносланцевою формацією еоцену (сойменська світа) (Hnylko, Hnylko, 2019). Верхньокрейдові відклади на поверхню не виходять, проте широко розвинені в Сілезькому покриві за межами України. Нижня крейда, як зазначалось, відслонюється у вигляді невеликих тіл шипотської світи серед олігоценового флішу в тильній частині Сілезького покриву.

**Результати.** Шипотська світа в межах Сілезького покриву відслонюється поблизу м. Воловця по річищу р. Віча та на горі Гимба. Як показали результати наших картувальних робіт, тут вона заповнює тектонічну лінзу, що обмежена крутопадаючими розломами і орієнтована з північного заходу до південного сходу. Її розміри досягають приблизно 3 км по довгій осі, та 1 км – по короткій. Лінза розвинена серед суцільного поля олігоценового флішу верецької, кросненської, місцями менілітової світ. Залягання порід як в самій лінзі, так і за її межами – як правило субвертикальне, їх простягання – переважно з північного заходу на південний схід (так зване субкарпатське простягання, паралельне до орогенної споруди).

Зона контакту шипотської світи та олігоценового флішу, шириною до кількох десятків метрів, відслонена на південно-західній околиці м. Воловець по річищу р. Віча. Гірські породи в зоні контакту дуже сильно деформовані. У фліші шипотської світи спостерігаються практично ізоклинальні складки з субветрикальними шарнірами і осьовими поверхнями, які свідчать про зсувний характер переміщень. Такого ж типу дрібні складки характерні і для тонкого флішу верецької світи, що прилягає до лінзи шипотської світи. Осьові поверхні цих вертикальних складок, як правило, мають субкарпатське чи меридіональне простягання, близьке до напрямку видовження тектонічної лінзи (рисунок), що вказує на зсувні переміщення вздовж даної лінзи. Місцями тут фіксується тектонічний меланж, представлений невеликими брилами (кластолітами) жорстких пісковиків, поміщених в алевро-пелітовий матрикс. Дислокації в матриксі виглядають або крихкими, або пластичними. В першому випадку спостерігаються брекчії, глина тертя, кліваж, тріщинуватість, роздробленість порід. В другому – глинисто-алевритиста маса з флюїдальною текстурою, дрібними складками течії, в яку поміщені брили і будини пісковиків. Місцями, пісковики в брилах мають склистий кварцитоподібний шипотський вигляд, а матрикс меланжу виглядає як перероблені глинисті породи верецької світи. Загалом, фоліація матриксу меланжу також субвертикальна і близька до меридіонального і/чи субкарпатського напрямку.





**Рис. 1. Позиція тектонічної лінзи шипотської світи Сілезького покриву на схемі дешифрування космознімку:** 1 – структура Сможе; 2 – Голятинська структура; 3 – зсувні луплекси; 4 – тектонічна лінза шипотської світи; 5 – головні розломи; 6 – другорядні розломи; 6 – вісь хребта, складеного пікуйськими пісковиками кросненської світи

Проведений структурний аналіз дозволив встановити, що в зоні тектонічного контакту тектонічної лінзи крейдових порід шипотської світи з олігоценним флішем існували напруження стиску перпендикулярні до простягання Карпат, та поля напружень, що викликали зсувні переміщення, найвірогідніше правобічні, уздовж простягання Карпат.

**Дискусія.** Описане тіло шипотської світи, за даними проведених геокартувальних робіт, розміщене в смузі дислокованих порід (завширшки до 10-12 км), яка тягнеться в субмеридіональному напрямку від басейнів рік Латориця і Віча на півдні до м. Борині на півночі (див. рисунок). Ця смуга розвинена в межах Сілезької тектонічної одиниці і відноситься до Латорицько-Стрийської зсувної зони. Остання виділена за наземними спостереженнями та добре дешифрується на космознімку (Гнілко, 2011). Зона характеризується наявністю тектонічних лінз – зсувних дуплексів стиску, обмежених субмеридіональними субвертикальними розривами зсувної природи (див. рисунок). Описана вище тектонічна лінза крейдових порід шипотської світи серед олігоценного флішу, яка розвинена в Латорицько-Стрийській зсувній зоні в районі м. Воловець, може бути тілом витисненим знизу, завдяки зусиллям транспресивного характеру (стиск та зсув). Такі напруження реставруються нашими безпосередніми структурними спостереженнями на контакті цієї лінзи, а також (за формою дуплексів) – на усій ділянці Латорицько-Стрийської зони. Ми інтерпретуємо досліджену лінзу як “позитивну квіткову



структуру” (англ. “positive flower structure”), що часто є притаманним для зсувних транспресивних зон.

Вивчена на контакті тектонічної лінзи зона меланжу з невеликими кластолітами склистих пісковиків шипотської світи, поміщеними в глинистий матрикс з субвертикальною фоліацією, відповідає характеристикам меланжу діапирового типу. Це дозволяє припустити, що невеликі брили шипотських пісковиків були винесені догори разом з пластичним матриксом при діапіризмі. Тектонічні процеси в умовах транспресії та при наявності порід з контрастними реологічними властивостями (крихких пісковиків, пластичних глин та глинистого розчину) призвели до витискання та підйому також і крупної лінзи шипотських пісковиків.

**Висновки.** Наші геологічні спостереження дозволяють стверджувати, що нижньокрейдові збагачені органічною речовиною відклади шипотської світи, які є потенційно нафтогазогенеруючими, розміщені на деякій глибині в структурах Сілезького покриву (а не є останцями Дуклянського покриву чи олістолітами) і, місцями, витиснені до рівня олігоценового флішу, з яким зараз безпосередньо контактують по розломах/зонах меланжу. Очевидно, що нижньокрейдові чорні сланці можуть бути додатковим значним джерелом вуглеводнів в межах такого давнього нафтовидобувного району як Сілезький покрив. Отримані результати стосовно структурного положення та можливого значного поширення шипотських відкладів підвищують перспективність нафтогазоносності української частини покриву.

#### **Список використаних джерел:**

Геологическая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов, масштаб 1:200000. Под. ред. Шакина В.А. 1976. Изд-во Мингео УССР, Киев.

Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М., Михайлов В.А., Чепіль П.М., Дригант Д.М., Шлапінський В.Є., Колтун Ю.В., Чепіль В.П., Куровець С.С., Бодлак В.П. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр, 2014. – 400 с.

Hnylko, O., Hnylko, S., 2019. Geological environments forming the Eocene black-shale formation of the Silesian Nappe (Ukrainian Carpathians). *Geodynamics*, Vol. 26. P. 61–68. <https://doi.org/10.23939/jgd2019.01.060>

Sachsenhofer, R.F., & Koltun, Y.V. Black shales in Ukraine – A review. 2012. *Marine and Petroleum Geology*. V. 31. P. 125–136. doi:10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016

Kosakowski P., Koltun Y., Machowski G., Poprawa P. and Papiernik B. 2018. The geochemical characteristics of the oligocene – lower miocene menilite formation in the polish and ukrainian outer carpathians: a review. *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 41(3). P. 000-18. DOI: 10.1111/jpg.12705

Kováč, M., Plašienka, D., Soták, J., Vojtko, R., Oszczytko, N., Less, G., Čosović, V., Fügenschuh, B., Králiková, S. 2016. Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*. No 140. P. 9–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.03.007>

Waśkowska, A. 2015. Stratigraphy of the Hieroglyphic Beds with “Black Eocene” facies in the Silesian Nappe (Outer Flysch Carpathians, Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*. V. 85. P. 321–343. doi: <http://dx.doi.org/10.14241/asgp.2015.011>.

## ПРОГНОЗУВАННЯ АНОМАЛЬНИХ ТИСКІВ У ПІВДЕННО-СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЗА ГЕНЕТИЧНОЮ МЕТОДИКОЮ

*Троянова Г.І., ganna.troyanova@ugv.com.ua;  
Самойлов В.В., к. геол. н, vitaliy.samoilov@ugv.com.ua;  
УкрНДІгаз, м. Харків, Україна*

У розрізі групи родовищ південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) були зафіксовані аномально високі пластові тиски (АВПТ) з найбільшим ступенем аномальності. Буріння розвідувальних свердловин на цій території потребує проведення аналізу термобаричної обстановки. Застосована для попереднього прогнозу тисків флюїдів методика враховує генезис, механізми та умови формування зон аномально високих пластових тисків. Розрахунок прогнозної величини аномально високих пластових тисків виконаний для двох варіантів, що дозволило виділити діапазон значень, у якому вони можуть змінюватись. Була встановлена область граничних значень пластових тисків, визначено можливу глибину докембрійського фундаменту, а також залишкову товщину осадового чохла, яка містить субвертикальні газові скупчення та забезпечує високі пластові тиски. Для пошукових і розвідувальних свердловин проведено розрахунки пластових температур та тисків і ступінь їх аномальності.

## FORECASTING OF ABNORMAL PRESSURES WITHIN SOUTH-EASTERN PART OF THE DNIPRO-DONETSK DEPRESSION BY GENETIC METHODOLOGY

*Troianova H., ganna.troyanova@ugv.com.ua;  
Samoilov V., PhD (geol.), vitaliy.samoilov@ugv.com.ua;  
UkrNDIGas, Kharkiv, Ukraine*

Abnormally high formation pressures with the highest degree of abnormality were recorded in the section of the group of deposits in the southeastern part of the Dnipro-Donetsk Basin. The drilling of exploratory wells in this area requires an analysis of the thermobaric situation. The technique used for the preliminary prediction of fluid pressures takes into account the genesis, mechanisms and conditions of the formation of zones of abnormally high reservoir pressures. The calculation of the forecast value of abnormally high reservoir pressures was performed for two options, which made it possible to highlight the range of values in which they can change. The area of limit values of reservoir pressures was established, the possible depth of the Precambrian basement was determined, as well as the residual thickness of the sedimentary cover, which contains subvertical gas accumulations and ensures high reservoir pressures. Calculations of reservoir temperatures and pressures and the degree of their abnormality were carried out for prospecting and exploratory wells.

Глибинна зона переважного газонакопичення і генетично пов'язані з нею АВПТ набувають розвитку по мірі занурення кристалічного фундаменту і збільшення потужності осадового чохла у напрямку від південного борту до центральної частини ДДЗ. Так, у розрізі групи родовищ південно-східної частини западини, таких як Зачепилівське, Лимансько-Потичанське, Михайлівське, Виноградівське, Новоселівське, Східно-Новоселівське, Кременівське, Левенцівське та інші, де залишкова осадова товща складає перші сотні метрів, АВПТ відсутні. Натомість, у відкладах турнейського ярусу нижнього карбону (Т-1, інтервал 4673-4683 м) у свердловині № 12 Горобцівського родовища були зафіксовані АВПТ з найбільшими у південно-східній частині ДДЗ значеннями ступеня аномальності до 1,95.

Згідно з моделлю вертикальної гідрогеологічної зональності [1] наявність АВПТ і ступінь їх аномальності передусім залежать від товщини залишкової осадової товщі, яка визначається, як відстань від нижньої межі катагенетичного флюїдоупору (КФУ) до поверхні фундаменту. У відповідності з розробленою методикою попереднього прогнозу розподілу пластових тисків у невивченому розрізі перспективних на нафту і газ площ, яка враховує генезис, механізми та умови формування АВПТ [2, 3], базовими для вирішення цього питання є геотермічні матеріали. Для характеристики природного геотермічного режиму у розрізі Відрадненського газоконденсатного родовища (ГКР) та визначення глибини залягання КФУ (температурний інтервал 110-120 °C), під яким і набуває розвитку глибинна зона АВПТ, був проведений аналіз температурних умов розрізу як Відрадненської, так і сусідніх з нею площ. На рис. 1 винесені

термограми свердловин № 12 Горобцівська, № 23 Відраденська, № 443 Південно-Новодиканківська, № 2 Мачуська, а також точкові виміри температури у розрізі свердловин №№ 8, 10, 12, 14, 21, 26 Горобцівського та Відраденського ГКР.

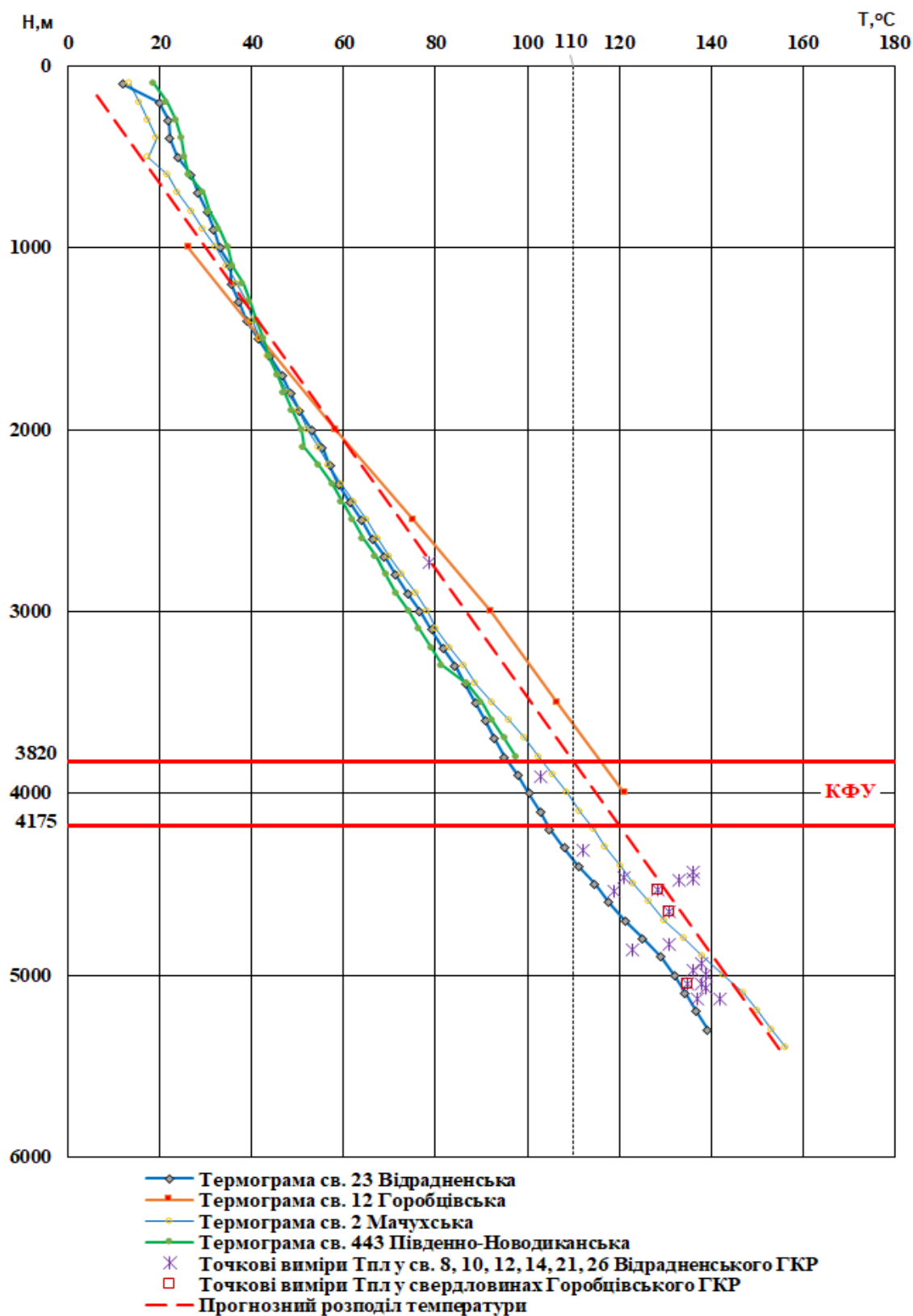


Рис. 1. Прогнозний розподіл пластових температур у розрізі проєктних свердловин

Термограма свердловини № 12, що була отримана в умовах тривалого відновлення природного геотермічного режиму, характеризує найбільш прогріту ділянку родовища. На інших ділянках температура на 13-20 °С нижча, на що вказує винесена на графік термограма

свердловини №23 Відраденська та точкові виміри температури по інших свердловинах. Встановлення глибини залягання КФУ та виконані для цього побудови та розрахунки проводились для буріння нових розвідувальних свердловин. Так як дві найбільш глибокі проєктні свердловини № 30 та 33, згідно представлений у даній роботі геологічній моделі, знаходяться в одному блоці зі свердловиною №12 Горобцівська, яка є найгарячішою, то при побудові лінії розподілу пластової температури у розрізі було враховано саме ці дані, а також виміри пластової температури у свердловинах Горобцівського та Відраденського ГКР. Виконаними побудовами встановлено, що важливі геоізотерми 110 і 120 °С, які обмежують КФУ (перехідну зону між елізійним і термодегідратаційним гідрогеологічними ярусами другого гідрогеологічного поверху), відповідають інтервалу глибин 3820-4175 м. Під КФУ в регіональному плані у ДДЗ залягає перша глибинна зона АВПТ, гіпсометрично співпадаюча з термодегідратаційним ярусом [1]. У межах продуктивної товщі проєктного розрізу свердловини № 30 найменша пластова температура передбачається на глибині 4193 м (покрівля горизонту С-24-25а) – 120,5 °С, найбільша пластова температура передбачається у межах продуктивної товщі проєктного розрізу свердловини № 33 – на глибині 5124 м (покрівля горизонту ФМ-1г) – 146,9 °С.

На рис. 2 приведена епюра розподілу початкових пластових тисків у розрізі Відраденського ГКР від покрівлі до глибини залягання проєктних продуктивних покладів. Характер розподілу початкових пластових тисків у низькотемпературній частині розрізу до ізотерми 110 ° підпорядковується регіональним закономірностям – значення пластових тисків знаходяться поблизу лінії фонового гідростатичного тиску ( $P_{фон}$ ), проведеної через точки вимірів пластових тисків у водоносних горизонтах. Відношення пластових тисків до умовного гідростатичного  $P_{пл}/P_{уг}$  (ступінь аномальності –  $K_{ан}$ ) в інфільтрогенному поверсі поступово зростає до 1 у водоносних горизонтах крейди, юри і тріасу. У межах верхнього елізійного ярусу другого гідрогеологічного поверху початкові пластові тиски будуть змінюватися від 13,02 МПа на глибині 1307 м (покрівля  $C_{2m}$  у розрізі свердловини № 33) при  $K_{ан}=1,02$  до 40,60 МПа на глибині 3820 м (покрівля КФУ) при  $K_{ан}=1,08$ .

Далі розглянемо фактичний геобаричний матеріал Відраденського ГКР, щоб спрогнозувати положення першої глибинної зони АВПТ і ступінь їх аномальності. У високотемпературному розрізі пластовий тиск вимірювався або оцінювався за непрямыми даними у свердловинах №№ 8, 10, 12, 14, 20, 21, 26 Горбцівського та Відраденського ГКР. Наявні дані з розподілу початкових пластових тисків представлені на рисунку 2, вони характеризують глибини до 5219,5 м у температурному діапазоні до 149,6 °С. Перша глибинна зона АВПТ на родовищі починається з нижньовізейського комплексу під ізотермою 120 °С, тобто під КФУ, який є значною перешкодою для дефлюїдації, у тому числі вуглеводневої, нижчерозташованого розрізу з високим рівнем катагенетичних перетворень порід, органічної речовини, підземних вод під визначальною дією високої температури. У цьому комплексі спостерігається значна диференціація пластових тисків. Пластові тиски на глибинах 3909-5219,5 м за абсолютними значеннями змінюються від 51,24 МПа до 89,99 МПа, а коефіцієнт аномальності коливається в межах 1,17-1,95. Прямі виміри пластових тисків свідчать, що максимального значення  $K_{ан}=1,95$  досягає у свердловині № 12 на глибині 4678 м (горизонт Т-1) при  $P_{пл}=89,26$  МПа. Трохи менші за аномальністю значення пластового тиску були отримані у свердловині № 12 при випробуванні горизонту В-24-25а – 64,78 МПа,  $K_{ан}=1,51$ ; також при випробуванні горизонту В-26а-В26б у свердловині № 8 – 79,52 МПа,  $K_{ан}=1,59$ ; при випробуванні горизонту Фм-1б у свердловині № 21 – 89,99 МПа,  $K_{ан}=1,84$ ; при випробуванні горизонту В-26в у свердловині № 26 – 80,81 МПа,  $K_{ан}=1,62$ . Значення пластового тиску по інших свердловинах №№ 14, 20, 21, 26, що були отримані при випробуванні сумісно декількох об'єктів та непрямі оцінки величин пластових тисків також винесені на графік, але при виконанні подальших побудов та розрахунків не враховувалися. Як видно з рис. 2, гіпсометрична і температурна приуроченість проявів АВПТ узгоджується з проведеними межами КФУ, а також з рівнем стрибкоподібних змін у хімічному складі флюїдів та в особливостях флюїдоносності: гідрохімічною інверсією, збагаченням підземних вод катагенними компонентами  $НСО_3$ , В,  $СО_2$ ,

появою вторинних порово-тріщинних колекторів та інше. Комплексом геотермічних, гідродинамічних, гідрохімічних і інших матеріалів підтверджується також розкриття першої глибинної зони АВПТ, яка поширюється на розріз нижньовізейсько-турнейсько-девонського комплексу.

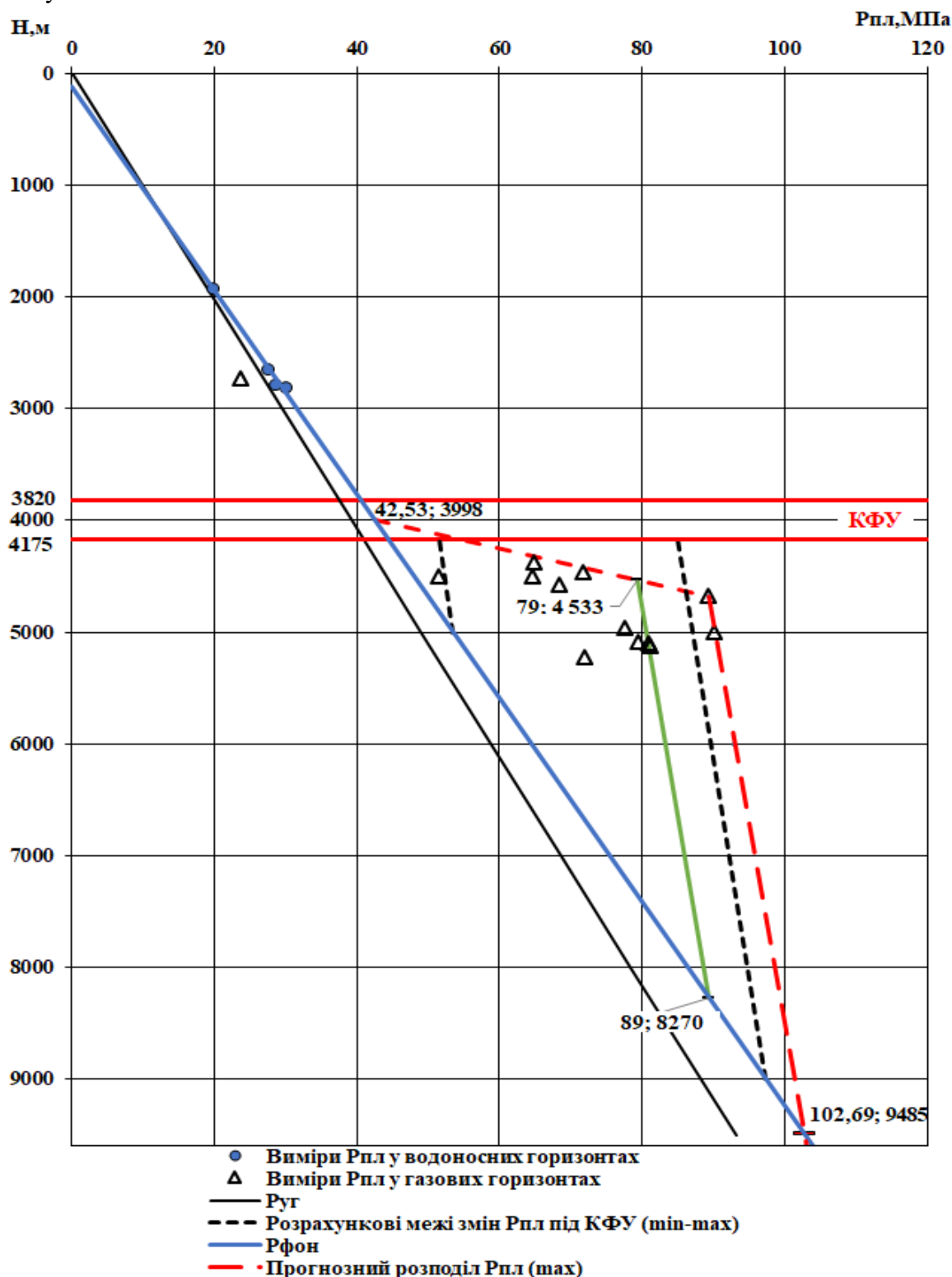


Рис. 2. Прогнозний розподіл пластових тисків у розрізі проєктних свердловин

Величину пластових тисків у межах зони АВПТ та ступінь їх аномальності можна спрогнозувати двома шляхами: на основі аналізу розподілу наявних даних про пластові тиски та шляхом застосування розробленої методики попереднього прогнозу [3–5]. Метод попередньої оцінки прогнозної величини пластових тисків та ступеня їх аномальності базується на

теоретично обґрунтованому висновку, згідно з яким АВПТ у глибинній зоні формуються механізмом надлишкового тиску вуглеводневого газу у субвертикальних скупченнях, що простягаються на залишкову частину розрізу від фундаменту до КФУ.

За даними «Тектонічної карти докембрійського фундаменту Дніпровсько-Донецької западини» (Є.С. Дворянин, Б.П. Кабишев, М.І. Євдошук, В.П. Клочко, В.С. Токовенко, 1997) відомо, що в районі розташування Відраденської структури глибина залягання фундаменту змінюється від 5000 м з південного заходу (від південної прибортової частини ДДЗ) до 9000 м на північний схід (до осьової частини). Приймаючи до уваги складну геологічну модель родовища, а саме: блокову будову продуктивної частини розрізу, що розділена щільною сіткою тектонічних порушень, а також значну відмінність між блоками глибини залягання кристалічного фундаменту, розрахунок прогнозованої величини АВПТ був виконаний для двох варіантів. Такий підхід дозволяє виділити діапазон значень у якому при даних умовах можуть змінюватись тиски. У першому варіанті при глибині фундаменту 5000 м максимальне значення пластового тиску під КФУ складатиме 51,4 МПа, коефіцієнт аномальності  $K_{ан}=1,25$ . Приймаючи таку глибину залягання фундаменту в районі Відраденської структури, можна помітити, що наявні фактичні дані про початкові пластові тиски у газових покладах більшості свердловин Відраденського та сусіднього Горобцівського родовищ будуть значно вище розрахункової величини. Другий варіант розрахунку був виконаний для глибини фундаменту 9000 м, в результаті – значення початкового пластового тиску під КФУ склало 85,07 МПа,  $K_{ан}=2,07$ ; водночас дані фактичних максимальних вимірів тисків по свердловинах родовища найбільш близькі до розрахункових. Область граничних значень пластових тисків для вказаних вище умов позначена на графіку пунктирними лініями чорного кольору (рис. 2).

Окрім представлених вище двох варіантів термобаричної ситуації у глибинній зоні родовища, був виконаний зворотній розрахунок. Так, від максимальних значень пластового тиску у свердловинах № 12  $P_{пл}=89,26$  МПа на глибині 4678 м ( $K_{ан}=1,95$ ), № 21  $P_{пл}=89,99$  МПа на глибині 4996,5 м ( $K_{ан}=1,84$ ) за густиною газу у пластових умовах проведено лінію розподілу максимального пластового тиску і визначено можливу глибину докембрійського фундаменту біля 9485 м. Таким чином, залишкова товщина осадового чохла від КФУ до фундаменту містить субвертикальні газові скупчення протяжністю 5310 м та забезпечує високі пластові тиски, що сягають вказаних величин. З урахуванням цих даних, а також результатів аналізу фактичного матеріалу, було побудовано лінію розподілу прогнозних пластових тисків. Вона проходить від середини КФУ через вимір пластового тиску у свердловині №12 (покрівля горизонту Т-1) і глибше за густиною газу, зрештою, обмежує ділянку розподілу пластових тисків від фонових до максимально можливих на родовищі. Вважаємо, що для проєктної свердловини № 30 прогнозні величини пластових тисків у високотемпературній частині розрізу зняті саме з цієї лінії є найбільш достовірними (рис. 2).

Інший варіант розподілу пластового тиску під КФУ можливий для блоку свердловини № 31, де лінію максимального тиску проведено від виміру у свердловині № 26  $P_{пл}=80,81$  МПа на глибині 5100 м ( $K_{ан}=1,62$ ) і визначено можливу глибину докембрійського фундаменту – біля 8270 м. У такому випадку залишкова товщина осадового чохла від КФУ до фундаменту складатиме 4095 м (рисунок 2). Побудована лінія розподілу прогнозних пластових тисків у розрізі свердловини № 31 проходить від середини КФУ через вимір пластового тиску у свердловині № 26 (покрівля горизонту В-26) і глибше за густиною газу; вона обмежує ділянку розподілу пластових тисків від фонових до максимально можливих у цьому блоці. Важливо акцентувати, що вибір такого розподілу тисків можливий за умов збереження вибраної геологічної моделі та уточнення глибини фундаменту на час проходки свердловини.

Отже, згідно з графічними побудовами, продуктивний розріз проєктних свердловин знаходиться частково у перехідній зоні – КФУ і нижче у термодегідратаційному ярусі другого гідрогеологічного поверху седиментогенних вод. Розраховане значення початкового пластового тиску у покрівлі В-24-25а (розріз свердловини №30) на глибині 4193 м складатиме 55,91 МПа при  $K_{ан}=1,36$ . Максимальний ступінь аномальності тиску у свердловині №30 очікується у проєктному горизонті ФМ-1а2 на глибині 4822 м – 1,90 (пластовий тиск 89,66 МПа). На покрівлі



горизонту ФМ-1г на глибині 4921 м (пластовий тиск 89,94 МПа)  $K_{ан}$  складатиме 1,86; на проєктній глибині свердловини 5000 м  $P_{пл}=143,40$  МПа. У проєктному розрізі свердловини №31 на глибині розкриття горизонту В-26а – 4890 м ступінь аномальності буде максимальним  $K_{ан}=1,67$  при  $P_{пл}=80,25$  МПа. А на вибої свердловини - 5220 м значення пластового тиску складатиме 81,14 МПа, коефіцієнт аномальності  $K_{ан}=1,59$ . Для блоку свердловини №32 за розрахунками максимального ступеня аномальності  $K_{ан}=1,52$  слід очікувати на покрівлі проєктного горизонту ФМ-1г на глибині 4316 м (пластовий тиск 64,37 МПа), на вибої свердловини на глибині 4400 м  $P_{пл}=70,14$  МПа.

Важливо зазначити, що у межах КФУ, де резервуари розущільнення розвинені вкрай спорадично, під час буріння нових свердловин, все ж таки, слід очікувати проявів АВПТ починаючи вже з розкриття покрівлі КФУ. Величину прогностичних  $P_{пл}$  необхідно контролювати за параметрами буріння нових свердловин, оскільки важко передбачити, до якого рівня розвантажувється тиск у субвертикальних каналах міграції при природному гідророзриві порід та невідоме місцезнаходження у розрізі вторинних резервуарів розущільнення порід з можливими припливами флюїдів, що обов'язково характеризуються АВПТ. Цілком вірогідна ситуація, що ступінь розвантаження тиску обмежений, оскільки в глибинній зоні відсутні пластові резервуари площинного поширення, а наявні локальні резервуари вторинного розущільнення. В таких умовах пластовий тиск може триматися близько рівня тиску природного гідророзриву порід, а не знижуватися у субвертикальних каналах у відповідності з густиною газу. Що стосується наявних геотермічних даних, то, враховуючи складну блокову будову родовища, можна сказати, що їх недостатньо для визначення у деталях коливання гіпсометричного положення КФУ та пов'язаної з ним глибинної зони газонакопичення. Тому у процесі буріння проєктних свердловин дуже важливим є вимір термоградієнту.

Автори статті висловлюють велику подяку за передані у процесі співпраці знання та отриманий досвід колишнім працівникам УкрНДІГазу Заріцькому О.П. та Зіненку І.І. (1941-2022 рр.), які присвятили численні труди теоретичним, методичним і практичним питанням різних етапів освоєння газових, газоконденсатних родовищ України, у тому числі вирішенню питання генезису аномально високих тисків флюїдів і розробці методики їх прогнозу, обґрунтуванню генетичних зв'язків в осадовій системі із урахуванням дії глибинного тепломасопереносу та схеми вертикальної гідрогеологічної зональності, ув'язаної із зональностями катагенезу порід, органічної речовини та нафтогазонакопичення, вивченню особливостей газонакопичення у високотемпературних частинах розрізу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Зарицкий А.П., Зиненко И.И. Взаимосвязь гидрогеологической зональности с газоносностью ДДВ // Новые материалы по водонапорным системам крупнейших газовых и газоконденсатных месторождений. – М.: ВНИИГАЗ, 1990. – С. 69-80.
2. Попередній геологічний прогноз аномально високих пластових тисків у нафтогазоносних басейнах на генетичній основі /А.В. Лизанець, І.І. Зіненко, О.П. Заріцький, А.С. Тердовідов //Питання розвитку газової пром-ті України: Зб. наук. праць. – Харків: Укрндігаз, 2001. – Вип. XXIX. – Геологія газ. і газоконд. родовищ. – С. 165-171.
3. Наукове обґрунтування передумов формування АВПТ у різних геологічних умовах ДДЗ з метою пошуків середніх та великих родовищ: УкрНДІгаз, 34.801/2002-2002. Відповід. викон. А.С. Тердовідов. Керівники О.П. Заріцький, І.І. Зіненко. – Харків, 2002. – 176 с.
4. Спосіб прогнозування положення зони аномально високих пластових тисків / О.П. Заріцький, І.І. Зіненко, А.В. Лизанець, В.М. Бенько // Патент UF 21316 МРК (2006) E 21B 47/00 E 21B 47/06 G 01V9/00 15.03/2007, Бюл.№3,2007.
5. Спосіб попередньої оцінки величини аномально високих пластових тисків у нафтогазоносних басейнах / О.П. Заріцький, І.І. Зіненко, А.В. Лизанець, В.М. Бенько // Патент UA 22315 МРК (2006) E 21B 47/00 E 21B 47/06 G 01V9/00 25.04/2007, Бюл.№5,2007.

## ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЕННЯ СЛАБОГАЗОНАСИЧЕНИХ ТА НИЗЬКОПОРИСТИХ КОЛЕКТОРІВ ВЕЛИКИХ РОДОВИЩ ГАЗУ ДДЗ

*Кривуля С.В., к. геол. н., serhii.kryvulia@ugv.com.ua,  
Пуц Д.В., denys.puts@ugv.com.ua,  
ГПУ «Шебелинкагазвидобування» АТ «Укргазвидобування»,  
смт. Донець Харківської обл., Україна*

Анотація – за результатами багаторічного вивчення встановлено, що основний об'єм приростів запасів газу та додатковий його видобуток на пізніх стадіях розробки великих родовищ відбувається за рахунок розширення площ газонасиченості, уточнення підрахункових параметрів та є результатом підключення до газовіддачі масивних товщ низькопористих, слабогазонасичених порід, які не були враховані при попередніх підрахунках запасів газу і які віддають газ по всій площі родовища через контакт з високопроникними пластами по мірі зниження тиску в них.

## THE PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT OF UNDERSATURATED AND LOW-POROSITY COLLECTORS OF THE DNIEPER-DONETS BASIN'S BIG GAS RESERVOIRS

*Kryvulya S., PhD in Geology, serhii.kryvulia@ugv.com.ua,  
Puts D., denys.puts@ugv.com.ua,  
GPD «Shebelynkagasvydobuvannya», JSC "Ukrasvydobuvannya",  
Donets, Kharkiv Region, Ukraine*

Summary – as a result of a long-term study, it was established that the main amount of growth in gas reserves and the additional production of gas at the later stages of the development of large deposits occurs due to the expansion of gas-bearing areas, due to the clarification of calculated parameters and is the result of connecting to the gas production of the massive layers of low-porosity, undersaturated rocks that were not taken into account in the preliminary calculations of gas reserves and which release gas throughout the entire area of the field via the contact with highly permeable formations as the pressure in them decreases.

Підключення в газовіддачу низькопористих слабогазонасичених пластів і слабодренуваних ділянок із низькими фільтраційно-ємнісними властивостями (ФЕВ) підтверджено промислово-геофізичними даними на всіх вивчаємих родовищах і є одним з головних чинників росту запасів та видобутку. Так, на Шебелинському ГКР по мірі зниження пластового тиску за даними ГДС-контролю до роботи підключились пласти значної товщини з пористістю 3-5%, які на початковому етапі не враховувались в ранніх підрахунках запасів. Визначено, що вони дренуються через контакт з високопроникними пластами по всій площі покладу [1–3].

Аналіз особливостей геологічної будови, динаміки підрахунку запасів газу та розробки Шебелинського ГКР дозволяє дійти висновку про підживлення газом продуктивних горизонтів під час розробки, особливо на пізніх стадіях. Основним джерелом надходження газу є слабопроникні пісковики та алевроліти з пористістю 5-7% і, можливо, менш тріщинуваті глинисті породи, які займають значну частину об'єму пастки і також починають віддавати газ при значному зниженні пластового тиску в покладі. За даними ТК в газовому середовищі породи з Кп 3–5 % газовіддають.

На Шебелинському ГКР при затвердженні запасів в ДКЗ 11.09.1963 р., оцінених за МПТ, було прийнято 466 млрд м<sup>3</sup>, а при останньому розгляді запасів газу в ДКЗ (1987 р.), розрахунки за МПТ були визнані обґрунтованими, але у зв'язку з невизначеними об'ємами обводнення та підключенням низькопористих колекторів з пористістю 5-8% було прийняте рішення умовно затвердити запаси в цілому для відкладів Р<sub>1</sub><sup>nk</sup>, Р<sub>1</sub><sup>kt</sup>, С<sub>3</sub><sup>3</sup> в об'ємі 650 млрд м<sup>3</sup>, замість запропонованих за різними варіантами розрахунків запасів в об'ємах 705, 712 та 744 млрд м<sup>3</sup>.

В подальшому показники розробки родовища за даними ГПУ «Шебелинкагазвидобування» свідчили про можливість нарощування балансових запасів, що стало підставою для переоцінки запасів МПТ і приросту запасів газу (УкрНДІгаз). За 2012 рік УкрНДІгазом було проведено нову переоцінку запасів МПТ на фактичних матеріалах ГПУ

«Шебелинкагазвидобування», що дозволило оцінити початкові запаси в 733,6 млрд м<sup>3</sup> і приростити 10,6 млрд м<sup>3</sup>. Таким чином, після останнього захисту запасів в ДКЗ за період 2006-2012 рр. всього було прирощено 83,6 млрд м<sup>3</sup> газу.

За результатами аналізу фондових [4] та літературних [5, 6] джерел розглянуті ряд процесів, які пов'язані з фізикою пласта в умовах пониження пластових тисків та визначено їх вплив на похибку розрахунку запасів газу. Розглянуто: об'єми пластової води, що надійшли у поклад; обводнення колекторів за рахунок внутрішнього водонапірного режиму (перетоки, дифузія, води із контактуючих водонасичених порід і глинистих пластів); вплив об'ємної пружності залишкової води і породи-колектора та ін. Зроблено висновок, що сумарне зменшення газонасиченого порового об'єму колекторів та неколекторів від початкового за рахунок прояву дії всіх вищеперелічених факторів, становить близько 7,0 %, що суттєвого впливу на розробку родовища немає.

Тобто поступове збільшення у часі дренованих запасів газу обумовлене залученням у розробку низькопористих і слабогазонасичених пластів.

Узагальнення великого масиву даних по експлуатації свердловин (графіків динаміки приведених пластових тисків від видобутку) дозволяють зробити попередні висновки, щодо підключення у розробку додаткових об'ємів газу з низькопористих і слабогазонасичених пластів. Проведено оцінку диференціації початкових та залишкових об'ємів газу масивно-пластового покладу Р<sub>1</sub>-С<sub>3</sub><sup>3</sup> окремо по трьох експлуатаційних об'єктах: НАГ, СМП та АСК з метою визначення зміни їх концентрації по площі та розрізу покладу в часі (див. рис. 1–3, табл. 1).

Аналіз попередніх оцінок дренованих запасів газу, здійснених за весь період розробки покладу свідчить, що у період з 1971 р. по 1976 р., тобто за період максимального річного видобутку газу на Шебелинському родовищі, експлуатаційними свердловинами стабільно дренувалися початкові запаси газу в об'ємі 565 млрд м<sup>3</sup>. Графіки зміни Р/z від видобутку газу [1,4,5,6] за цей період розробки покладу, представлені фактично прямолінійною залежністю. Окремо по експлуатаційним об'єктам дреновані запаси газу в цей період складали: НАГ – 115 млрд м<sup>3</sup>, СМП – 385 млрд м<sup>3</sup>, АСК – 65 млрд м<sup>3</sup>.

Починаючи з 1975 року, згідно графіків залежності приведенного пластового тиску від видобутку газу як у цілому по родовищу, так і по багатьох експлуатаційних свердловинах, чітко спостерігається суттєве збільшення дренованих запасів газу з 565 млрд м<sup>3</sup> (01.01.1975 р.) до 734 млрд м<sup>3</sup> (01.01.2016 р.). Тобто спостерігається поступове збільшення у часі ефективного газонасиченого порового об'єму, який дренується експлуатаційними свердловинами. Максимальні додаткові об'єми газу, що надходили у поклад Р<sub>1</sub>-С<sub>3</sub><sup>3</sup>, спостерігалися у періоди з кінця 1979 року до початку 1984 року; з кінця 1996 року до початку 2000 року.

Станом на 01.01.2023 р. окремо по трьох експлуатаційних об'єктах дреновані запаси газу складали: НАГ – 165 млрд м<sup>3</sup> (збільшення на 50 млрд м<sup>3</sup> за рахунок підключення у розробку після 1975 року додаткового ефективного порового об'єму), СМП – 494 млрд м<sup>3</sup> (+109 млрд м<sup>3</sup>), АСК – 75 млрд м<sup>3</sup> (+10 млрд м<sup>3</sup>). Збільшення у часі ефективного газонасиченого об'єму, що дренується свердловинами, відбувалося нерівномірно по трьох експлуатаційних об'єктах: НАГ – на 30 %, СМП – на 22 %, АСК – на 13 %. По відкладах СМП та АСК збільшення порового об'єму, якоюсь мірою, узгоджується із особливостями літологічної будови порід, які складають ці комплекси, а саме, наявністю низькопроникних і слабогазонасичених різновидів, які потенційно могли поступово залучитись у розробку. Збільшення додаткового порового об'єму у відкладах НАГ, колектор якого представлений перешаруванням теригенних, карбонатних та хемогенних різновидів, потребує подальшого вивчення. Не зовсім зрозуміло, саме які відклади НАГ інтенсивно генерували додаткові об'єми газу.

## Графіки запасів по горизонтах Шебелинського ГКР

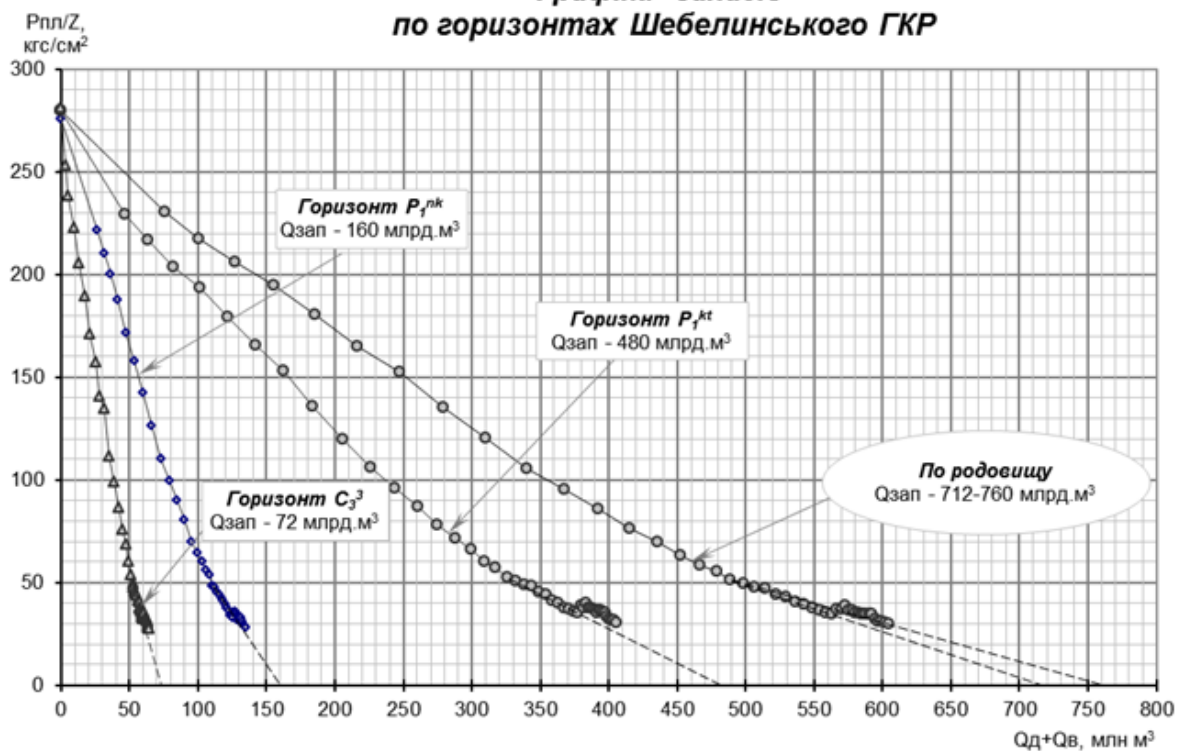


Рис. 1. Графік залежності приведенного пластового тиску від об'єму видобутого газу

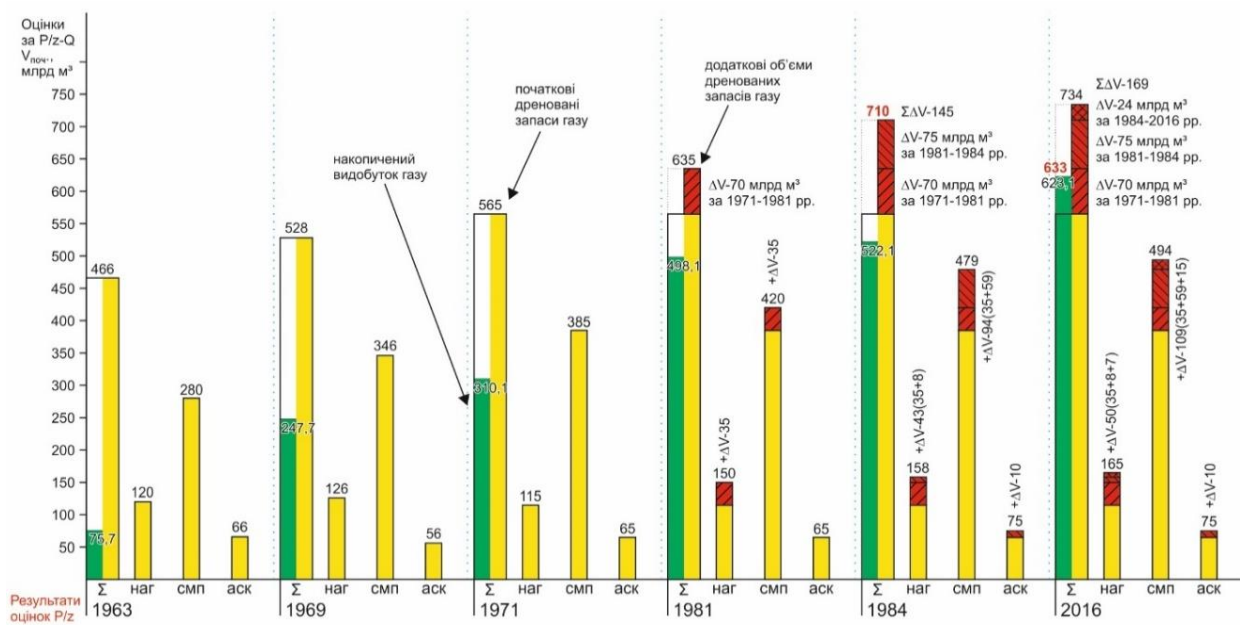
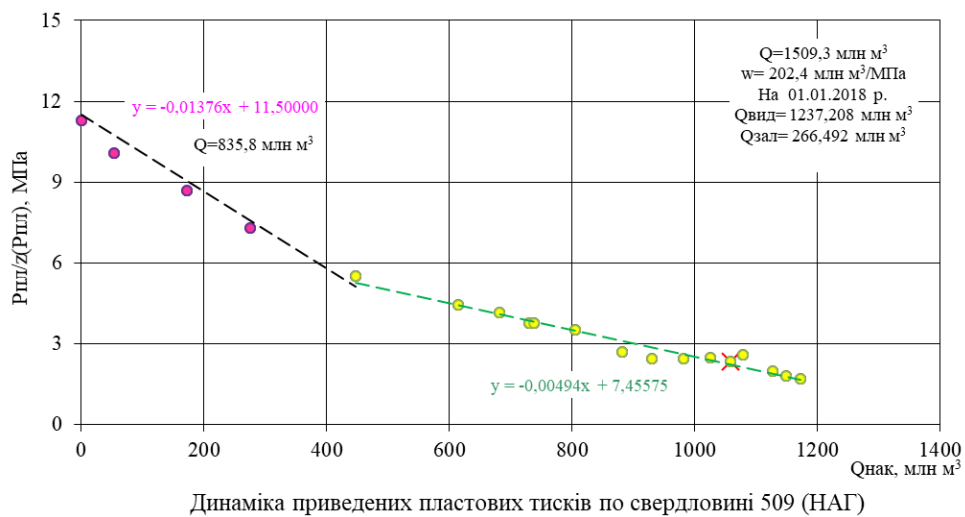
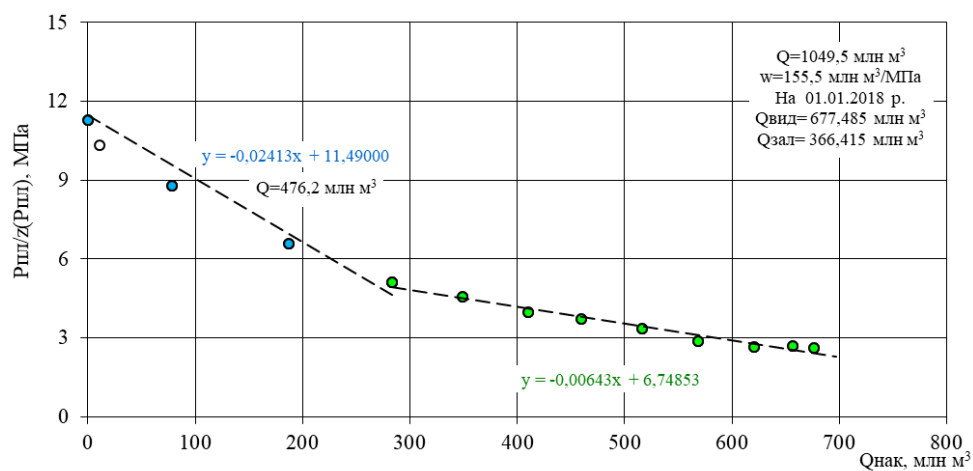
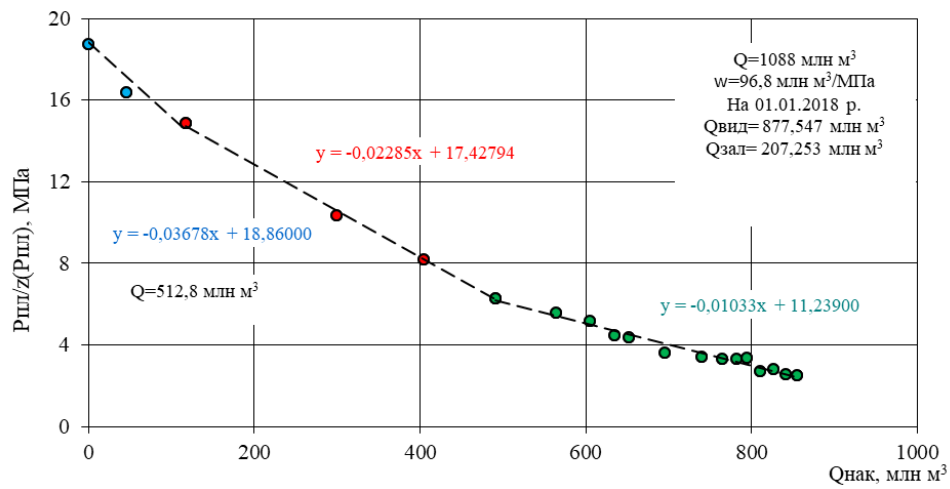


Рис. 2. Зміна об'ємів дренуваних запасів газу в процесі розробки Шебелинського ГКР



**Рис. 3. Динаміка приведених пластових тисків по свердловинах**

Таблиця 1

## Характеристика зон із слабогазонасиченими та низькопористими колекторами

Родовище	Поверх газонасиченості, продуктивні горизонти	Ранжування поточних балансових запасів газу за об'ємами (на 01.2023 р.)	Характеристика зон з слабогазонас. колекторами		
			№ експл. об'єкту	продукт. горизонт	ранжування залишкових дренажних запасів газу за об'ємами
Шебелинське	$P_{1nk}, P_{1kt}, C_3^3$	1	сх. діл.	НАГ ( $P_{1nk}$ )	1
Зах.-Хрестищенське	$P_{1sl}, P_{1kt}, C_3^3, C_3^{2av}$	2	II низ.	Г-7,8,9	2
Мелихівське	$P_{1sl}, P_{1nk}, P_{1kt}, C_3^3, C_3^2$	3	II бл.А	А-6,7,8+ Г-6,7,8,9	4
Єфремівське	$P_{1sl}, P_{1nk}, P_{1kt}, C_3^3, C_3^2$	4	II верх. III верх.	А-6,7 Г-8а,б,в	3
Медведівське	$P_{1sl}, P_{1kt}, C_3^3$	5	I півн. II півн. IV зах.	$C_3^3$ $P_{1kt}+C_3kt$ $P_{1kt}+C_3kt$	6
Зах.-Соснівське	$P_{1kt}, C_3^3$	6	I сер.	Г-7,8,9	8
Ланнівське	$P_{1kt}, C_3^3, C_3^2$	7	I сер.	Г-7,8,9	9
Кегичівське	$P_{1nk}, P_{1kt}, C_3^3, C_3^2$	8	I низ.	Г-6,7,8	5
Машівське	А-2, А-6-8, К-1-6, Б-1,2	9	I сер. II окр.бл.	Г-7,8 Г-7-12	7
Кобзівське	А-5, А-6-8, Г-6,7	10	I схід.	А-6,7,8, Г-6 <sup>1,3,4</sup>	10

Аналіз графіків динаміки приведених пластових тисків від видобутку по багатьох експлуатаційних свердловинах (в основному по об'єктах СМП та НАГу) свідчить, що збільшення дренажних запасів газу відбувається, щонайменш, у двох діапазонах поточних пластових тисків. Перший – при  $P_{пот.}$  10-12 МПа (зниження початкового  $P_{пл}$  на 11-12 МПа), другий – при  $P_{пот.}$  5,5-6,5 МПа (зниження початкового  $P_{пл}$  на 16,5-17,5 МПа). Вважаємо, що встановлені перепади поточних пластових тисків характеризують поетапне підключення у розробку колекторів з низькою пористістю та проникністю (від більших значень до менших).

Механізм підключення у газовіддачу низькопористих та слабогазонасичених пластів потребує подальшого детального вивчення. Представляється, що даний механізм добре узгоджується із двошаровою моделлю порового середовища, а саме: наявністю значного об'єму порід із матричною, фонову (як правило, низькою) пористістю та проникністю та меншого об'єму порід із високими значеннями пористості та проникності (дрени, суперколектори).

Характерною особливістю колекторів  $P_{1kt}-C_3^3$  є наявність аномально високих початкових дебітів, що часто були присутні у свердловинах Хрестищенського, Шебелинського, Єфремівського, Медведівського, Машівського та деяких інших родовищ.

На основі аналізу співвідношення міжгранулярної (керна, ГДС) і повної (з тріщинним компонентом) фазової газопроникності, визначеної за даними газодинамічних досліджень свердловин, наявності у розрізі високопроникних порових колекторів, та інших факторів, серед продуктивних пластів встановлена присутність прошарків «суперколектору», що забезпечує аномально високі дебіти.

Основними газонасиченими колекторами відкладів  $P_1-C_3$  в ДДЗ є тонко- і дрібнозернисті пісковики з пористістю до 5-8-13%, рідко до 17%, та проникністю від  $1 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>, рідко до  $50 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>. У зв'язку з низькими колекторськими властивостями цих порід, та наявністю аномально високих (до 6-14 млн м<sup>3</sup>/д) абсолютно вільних дебітів газу та накопиченого видобутку до 5-6 млрд м<sup>3</sup> у деяких свердловинах, було розглянуте питання природи цього явища [1].

Встановлено, що пласти з низькими  $K_p$  (3-5-7%) віддають газ в більшості не в саму свердловину, а, в першу чергу, в пласти з суттєво кращими значеннями міжзернової проникності і пористості (до 13-20%) або у високопроникні тріщинуваті пласти, при «відборі» газу і суттєвому зниженню тиску в останніх. Ця схема «дренажу» або «підживлення» працює по всій



величезній площі газоносності контактів високопористих або високо-тріщинуватих колекторів з низькопористими та по порушеннях.

Проникність тріщинуватого «суперколектору» може бути надзвичайно високою. Для картамиської світи Шебелинського родовища пористість тріщин, визначена методом шліфів, сягає 1,7%, відповідно тріщинна проникність при розкритості, наприклад в 0,25 мм становить  $88200 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$  (88,2 дарсі), а відомо, що численні зразки кернів ШГКР мають макротріщини розкритістю до 3-5 мм. Присутність в товщі «суперколектору» зумовлює аномально високі початкові дебіти, а поступове підключення менш проникної матриці за рахунок великої площі контактів пластів і високої провідної властивості дозволяє «суперколектору» досить довго підтримувати відносно високі дебіти окремих свердловин.

Високі провідні властивості «суперколектору» можуть бути обумовлені як тріщинуватістю (Шебелинське, Машівське та ін. родовища), так і високими первинними колекторськими властивостями порід (Зах.-Хрестищенське родовище). У першому випадку вони контролюються зонами розвинення тріщинуватості, а у другому – фаціальними факторами.

У межах Машівсько-Шебелинської зони, в якій зосереджена переважна більшість великих родовищ газу, оконтурені ділянки розвитку відкладів із низькопористими та слабогазонасиченими колекторами. В таблиці 1 наведені дані по ранжуванню родовищ за об'ємами поточних балансових та залишкових дренажних запасів газу, визначені експлуатаційні об'єкти та продуктивні горизонти, які в більшій мірі характеризуються наявністю низькопористих та слабогазонасичених пластів-колекторів. Саме ці ділянки родовищ із підвищеними поточними пластовими тисками у подальшому є основними об'єктами додаткового видобутку газу на пізніх стадіях розробки.

### **Висновки**

1. Встановлено, що основний об'єм видобутку газу на пізніх стадіях розробки великих родовищ відбувається в основному за рахунок підключення до газовіддачі значних за об'ємами товщ низькопористих та слабогазонасичених порід.

2. Розглянутий механізм підключення у газовіддачу пластів-колекторів із низькими фільтраційно-ємнісними властивостями з позиції двошарової моделі порового середовища – матриці та дренажних каналів (суперколекторів).

3. У розрізах поверху газоносності великих родовищ визначені ділянки із низьким ФЕВ, що є першочерговими об'єктами дорозробки та інтенсифікації, в першу чергу методами ГРП.

### **Список використаних джерел:**

1. Кривуля С.В. Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у нижньоопермсько-верхньокам'яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини [Текст]: монографія / С.В. Кривуля. – Х.: УкрНДІгаз, НТУ «ХПІ», 2014. – 174 с. – Бібліогр.: с. 160–172.

2. Кривуля С.В. Аналіз стану пошуково-розвідувальних робіт і заходи по нарощуванню запасів газу на великих родовищах у нижньоопермсько-верхньокам'яновугільному комплексі південно-східної частини ДДЗ//Проблеми нафтогазової промисловості: зб. наук. праць. Вип. 10. – Київ: ДП «Науканафтогаз», 2012 р. – С. 38-46.

3. Кривуля С.В. Оптимізація розробки масивно-пластових покладів (Р1-С33) на основі комплексного аналізу геологічних та промислових даних// Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі: тези доповідей міжнар. наук.-техн. конф., 3-6 жовтня 2012 р. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2012.- С. 177-179.

4. Разработать способ и исследовать перспективы повышения дренируемых запасов и газоотдачи низкопроницаемых коллекторов, обеспечить оптимальное регулирование разработки Шебелинского месторождения на завершающей стадии разработки. Пересчет запасов газа Шебелинского ГКМ по падению пластового давления. Кн. 1. Отчет УкрНИИгаза о НИР 37/84.87 / Григорьев В.С. и др. – Х., 1987. – 237 с.

5. Григорьев В.С. Особенности разработки Шебелинского месторождения на его завершающем этапе/ Питання розвитку газової промисловості України: зб. наук. праць. Вип. XXVII, УкрНДІгаз, 1999. – С. 198-204.

6. Фесенко Ю.Л. Стан і перспективи розробки Шебелинського газоконденсатного родовища / Ю.Л. Фесенко, Є.О. Волосник, І.М. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2009. – № 5-6. – С. 24–28.

## ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ БІТЛЯНСЬКОЇ СТРУКТУРИ КРОСНЕНСЬКОГО ПОКРИВУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

*Павлюк М.І., академік НАН України, професор, igggk@mail.lviv.ua,*

*Шлапінський В.Є., к. геол. н., с.н.с., igggk@mail.lviv.ua,*

*Лазарук Я.Г., д. геол. н., с.н.с., lazaruk\_s@i.ua,*

*Савчак О.З., к. геол. н., с. наук. с., savchakolesya@gmail.com,*

*Тернавський М.М. miroslavtmm@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*

Бітлянська структура розташована у Самбірському районі Львівської області. У тектонічному відношенні вона локалізована в Яворів-Пилипецькій лусці Бітлянсько-Свидовецького субпокриву Кросненського покриву і представляє собою вельми похилий збережений фрагмент південно-західного крила антиклінальної складки. Структура перспективна у відношенні нафтогазоносності, про що свідчать природні поверхневі прояви нафти і прояви в свердловинах. За сейсмічними матеріалами прогнозується наявність піднесеної частини складки поблизу г. Магура у 3,75 км на південний схід від параметричної свердловини 1-Бітля. Для розкриття і опощування всіх перспективних горизонтів Бітлянської структури глибина свердловини має становити 3900 м.

## PROSPECTS OF THE OIL AND GAS CAPACITY OF THE BITLYAN STRUCTURE OF THE KROSNEN COVER OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

*Pavlyk M., academician of NASU, Prof., igggk@mail.lviv.ua,*

*Shlapynskiy V., PhD (Geol.), igggk@mail.lviv.ua,*

*Lazaruk Ya., Dr. Sci. (Geol.), Senior fellow, lazaruk\_s@i.ua,*

*Savchak O., PhD (Geol.), Senior Researcher, savchakolesya@gmail.com,*

*Ternavskiy M., miroslavtmm@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals  
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The Bitlyan structure is located in the Sambir district of the Lviv region. From a tectonic point of view, it is localized in the Yavoriv-Pylypetsk scale of the Bitlyan-Svydovetsky subcover of the Krosnensky cover and is a very inclined preserved fragment of the southwestern wing of the anticlinal fold. The structure is promising in terms of oil and gas capacity, as evidenced by natural surface manifestations of oil and manifestations in wells. Seismic data predicts the presence of an elevated part of the fold near the town of Magura, 3.75 km southeast of the 1-Bitlya well. The depth of the well should be 3,900 m to reveal and explore all promising horizons of the Bitlyan structure.

**Структурно-тектонічне положення.** Бітлянська структура в адміністративному відношенні знаходиться на території Самбірського району Львівської області., на віддалі 33 км на південний-захід від м. Турка.

У тектонічному відношенні Бітлянська структура є частиною Яворів-Пилипецької луски Сможевської скиби Бітлянсько-Свидовецького субпокриву Кросненського покриву. З південно-заходу на неї насунута луска Сянки. Від фронту Яворів-Пилипецької луски породи нижньовержовинської підсвіти олігоцену, які представляють луску на денній поверхні. моноклінально нахилені на південний захід під кутами спочатку 40-50°, а далі – 20-15°. Між структурно-пошуковими свердловинами №7 і 6-Бітля породи зім'яті в систему сполучених досить похилих складок: синкліналь-антикліналь. Ще південно-західніше, вже під дуже похилим насувом луски Сянки Воловецької скиби породи нижньовержовинської підсвіти Бітлянської структури, за даними буріння свердловин 17 і 18-Бітля під кутами 5-15° занурюються на південний захід (рис. 1). Таким чином у перетині р. Яворівки низи нижньовержовинської підсвіти і головецької світи олігоцену на денну поверхню не виходять.

За даними сейсмозв'язки, одержаними у 2006 р., на північний захід і на південний схід від параметричної свердловини 1-Бітлянська спостерігається підйом складки від абс. відм. –2650 м (по покрівлі верхнього еоцену) до –2450. Найбільш припідняті ділянки складки знаходяться у 3,5 км на північний захід і на таку ж відстань південно-східніше в районі г. Магура (1006,8 м). У цьому напрямку аж до с. Бітля у профілі р. Гнила складка занурюється. Далі сейсмічні дослідження відсутні. Згідно геологічної зйомки дещо південно-східніше Бітлі у перетині р.

Либихори Яворів-Пилипецька луска розділяється поперечним порушенням типу скидо-зсуву на два блоки: Бітлянський (з однойменною структурою) і Івашківський. В останньому має місце поступове піднесення луски і з під нижньовержовинських відкладів з'являються спочатку головецькі верстви олігоцену з нижньокременевим горизонтом у підшві, а потім і відклади еоцену, палеоцену і верхньої крейди, які належать до так званого «Сможівського підняття», яке складається з трьох лусок.

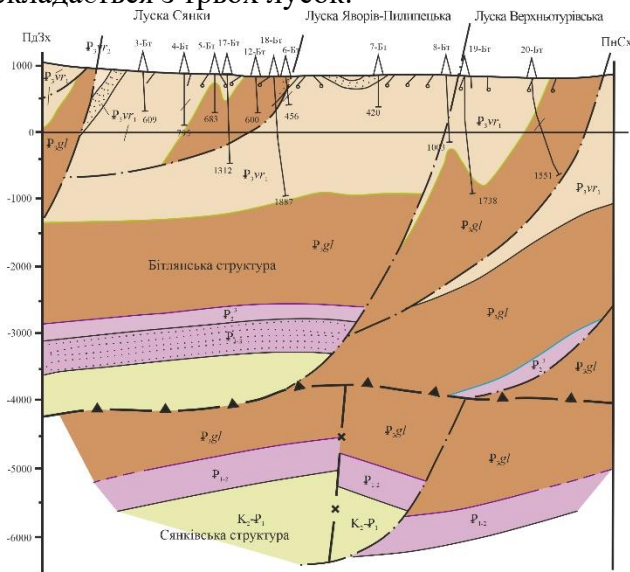


Рис. 1. Геологічний розріз через структурно-пошукові свердловини 3–20 Бітля.

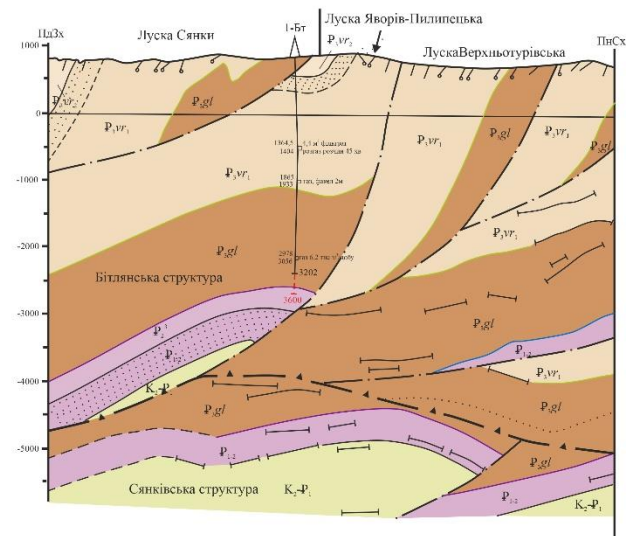


Рис. 2. Геологічний розріз через параметричну свердловину 1-Бітля.

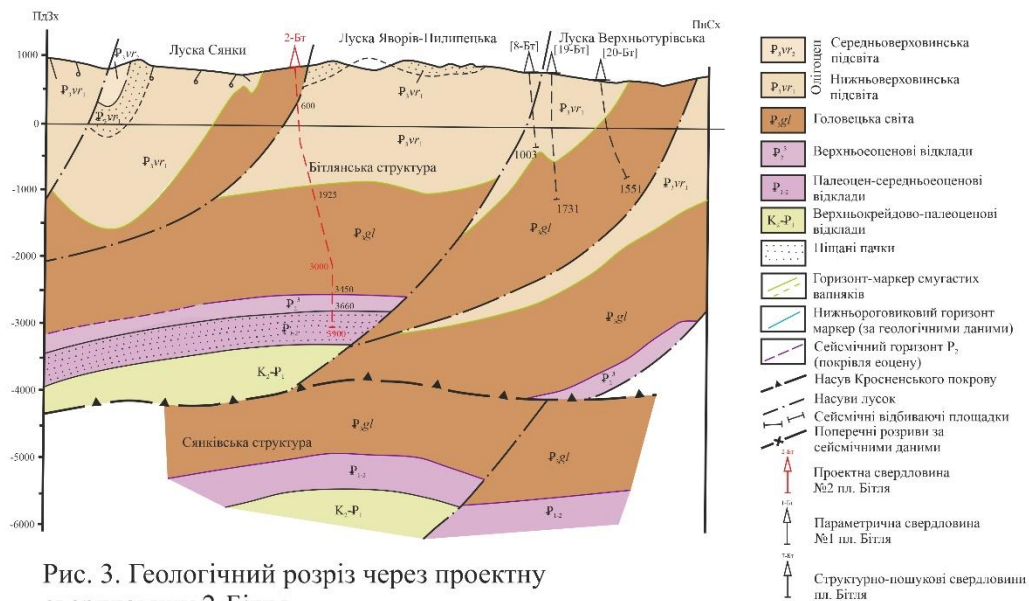


Рис. 3. Геологічний розріз через проектну свердловину 2-Бітля.

Власне Яворів-Пилипецька луска є найбільш південно-західною частиною цього підняття (Сможевська скиба). Північно-східніше Яворів-Пилипецької луски, до фронту Бітлянсько-Свидовецького субпикрову виділяються по черзі: Верхньо-Турівська, Нижньо-Турівська і Боринська луски (Боринської скиби). Як і луска Сянки і Яворів-Пилипецька, це однокрилі структури, ускладнені дрібною складчастістю. Будова їх однотипна. У фронтальних частинах лусок присутні породи головецької світи олігоцену, а у більш внутрішніх – нижньовержовинські, а деколи середньовержовинські відклади.

На денній поверхні у різних частинах Бітлянського субпокрову Яворів-Пилипецька луска насунута на Верхньо-Турівську, а місцями на Нижньо-Турівську луски. У перетині свердловини 2-Бітлянська, ці дві названі луски на глибині, виклинюються і свердловина на відмітці 2750 м має потрапляти одразу з Яворів-Пилипецької луски у Боринську луску (у головецьку світу

олігоцену останньої). За даними сейсморозвідки породи головецької світи вельми похило (10-20°) занурюються на південний захід. Товщина Боринської луски тут дорівнює 1000 м.

**Нафтогазоносність.** Про перспективи нафтогазоносності Бітлянської площі насамперед свідчать прямі її ознаки. Це прояви нафти і газу на денній поверхні, у свердловинах і непромислові припливи нафти і газу в останніх.

Природні, поверхневі прояви нафти зафіксовані у північно західній частині Бітлянської площі. Чотири прояви нафти відзначені в межах Яворів-Пилицької луски. У трьох пунктах це витоки нафти по тріщинах пісковиків нижньовержовинської підсвіти у струмках Яворівка, Сколобан і р. Гнила, а в другому – плівка нафти на поверхні ями по струмку. Ясень (басейн р. Яблуньки), в полі розвитку таких же пісковиків. По одному виходу нафти задокументовано і в сусідніх лусках: в лусці Сянки – витікання нафти на південний захід від свердловини 1-Бітлянська і в Верхньо-Турівській лусці по струмку Ясень (в обох випадках це прояви з нижньовержовинських пісковиків). Численні прояви нафти описані в пошукових свердловинах площі Бітля (1957-1958 і 1963-1964 рр.). З 16 свердловин в 14 були зафіксовані прояви нафти у вигляді загустівшої і крапельної нафти по тріщинах пісковиків олігоцену в лусках Лібохора-Вепровець, Сянки, Яворів-Пилиць, Верхній Турів. Найбільш інтенсивні прояви нафти, а також і горючого газу мали місце в свердловинах, які розкривали олігоцен Яворів-Пилицької луски (Бітлянської структури) – з південного заходу на північний схід: №18,7 та 8 (Рис.1.).

У свердловині 18-Бітля з глибини 1406 м мали місце газопрояви у вигляді бульбашок газу на поверхні бурового розчину. При досягненні глибини 1850 м (вибір свердловини 1887 м) стався викид глинистого розчину з горючим газом. У процесі буріння свердловини 7-Бітля (вибір – 420 м), починаючи з глибини 200 м на промивочній рідині з'явилися плівки нафти. З глибини 310 м і до вибою мали місце нафто- газопрояви і приплив прісної води. Вода разом з нафтою переливалась через устя свердловини. За одну добу вилилось 317 л нафти і 6 м<sup>3</sup> води. Нафта відібрана з глибини 310 м мала питому вагу (20 °C) – 0,824 кг/м<sup>3</sup>. Початок кипіння 57 °C, а кінець 324 °C.

Нафта відібрана з глибини 420 м має дещо інші показники d20 – 0,85 кг/м<sup>3</sup>, П.к. – 90 °C, к.к. – 307 °C.

Склад газу з глибини 420 м наступний: CH<sub>4</sub> – 72,61%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 7,31%; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 8,89; iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> + n C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 4,66%; C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> – 3,76%; CO<sub>2</sub> – 0,31%; N<sub>2</sub> – 2,422%; Ar+Kr+Xe – 0,036%; He+Ne – 0,002%.

У ході буріння свердловина №8 на промивочній рідині відзначені плівки нафти на глибинах 118, 172 і 800 м. На глибинах 172, 323-365 і 800 м спостерігались газопрояви у вигляді розгазування глинистого розчину.

Після закінчення буріння свердловини №8, вона була випробувана у відкритому стволі. З цією метою глинистий розчин було замінено на воду і після того через 27 годин через устя почала виливатись сильно розгазована нафта. Було проведено визначення дебіту шляхом відкачок при двох динамічних рівнях 76 і 100 м. Було встановлено, що крім нафти був приплив прісної води. Середній дебіт нафти – 1,21 м<sup>3</sup>/добу. За час випробування свердловини (4.08 – 2.08 58 р.) було видобуто 6 т нафти і 4 т води. Нафта: d20 – 0,873 кг/м<sup>3</sup>, П.к. – 93 °C, К.к. – 292 °C.

Склад газу: CH<sub>4</sub> – 91,45%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 2,8%; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 1,22; i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> + n C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 1,27%; C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> – 1,58%; CO<sub>2</sub> – 0,26%; N<sub>2</sub> – 1,333%; Ar+Kr+Xe – 0,077%; He+Ne – 0,01%.

У свердловині 6-Бітля (розташована в 100 м північно-східніше №18) під час буріння в інтервалі 180-450 м відзначено розгазування глинистого розчину. Газ горючий. Вуглеводні – 50,03%, CO<sub>2</sub> – 0,32%; N<sub>2</sub> – 16,007%; Ar+Kr+Xe – 0,227%; He+Ne – 0,006%, повітря – 35,82%.

У параметричній свердловині 1-Бітля (Рис.2), спостерігалось насичення глинистого розчину горючим газом. Випробування свердловини на бурильних трубах було проведено в інтервалах:

973-1404 м (нижньовержовинська підсвіта, P<sub>3vr1</sub>) – припливу не одержано

1364,5-1404 м (P<sub>3vr1</sub>) – 4,4 м<sup>3</sup> фільтрату розгазованого розчину за 45 хв;

1865-1933 (P<sub>3vr1</sub>) – отримано приплив газу, довжина факелу – 2 м;

2113-2258 м (головецька світа, P<sub>3gl</sub>) – прилад не дійшов до вибою.

2978-3056 м (Р<sub>згл</sub>) отримано приплив газу та розгазованого розчину, Q<sub>г</sub>=6,2 тис. м<sup>3</sup>/добу. Пластовий тиск складав— 41,2 МПа (Кан – 1,37/1,39).

Звертає увагу аномально високий вміст гелію в параметричній свердловині 1-Бітля – 0,77% з інтервалу 2952-3056 м.

Свердловина 1-Бітля (вибій 3205 м, досягнутий горизонт – головецька світа олігоцену). Остання бурилася довго (забурена 24.03.1992, продовжена бурінням у 1998 р., випробувана у 2006-2007 р.р.) при надмірних репресіях на пласт, не досягнувши проєктної глибини (3600 м), завершена із 127 мм (замість 168 мм) експлуатаційною колоною. Згідно з висновками промислової геофізики рекомендовано випробувати 2 об'єкти на приплив газу в експлуатаційній колоні в інтервалах 3103-3070 м і 3060-2978 м (головецька світа). У вересні 2006 р. в результаті випробування І-го об'єкту в інтервалі 3103-3094, 3086-3070 отримано приплив газу дебітом 1400 м<sup>3</sup>/добу. У результаті випробування встановлена наявність газоконденсатного покладу на глибинах 3103-2974 м, проте промислового припливу газу не досягнули. З інтервалу 2974-3100 м була проаналізована проба газоконденсату (d<sub>4</sub><sup>20</sup> – 0,7585 г/см<sup>3</sup>). Згідно аналізу конденсат легкий, безпарафінистий, малосмолистий, малосірчистий. По ОСТУ 38.011-81 відноситься до класу І.

Свердловиною не були розкриті найнижчі ланки олігоцену і відклади еоцену, а отже і піщані горизонти стратиграфічних рівнів, потенційно продуктивних, щодо промислового вмісту вуглеводнів.

Води глибоких горизонтів, які були розкриті в параметричній свердловині 1-Бітля належать до прісних вод (мінералізація 0,48-1,02 г/л хлор-кальцієвого і сульфат-натрієвого типів. Це конденсаційні води. В. В. Колодій (1975) пояснює їх генезис, існуванням на великих глибинах (порядку 8 км) пароводяної вуглеводневої суміші. Потрапляючи через зони порушень у піднесені частини розрізу, водяна пара конденсується з виділенням прісної води.

Усі наведені приклади свідчать про насиченість розрізу відкладів Бітлянсько-Свидовецького субпокриву, а зокрема Бітлянської структури вуглеводнями. При наявності задовільних колекторів в її розрізі, можна сподіватись на існування промислових скупчень вуглеводнів. Загалом колектори Кросненського покриву, зокрема олігоцену, відзначаються низькими фільтраційно-ємнісними показниками. Тому при виділенні газонасичених пластів в свердловині, необхідно викривити ствол, щоб вона розкривала їх під малим кутом. Це забезпечить максимальний контакт свердловини з газоносним об'єктом, так як це мало місце в свердловині 1-Гринява, яка пройшла 300 м по газоносному пласту, нахиленому під кутом 80°. Не виключено, що завдяки цьому вдалося отримати стабільний промисловий приплив горючого газу.

Свердловина 2-Бітля (рис. 3) має розкрити відклади олігоцену і палеоцен-еоцену Бітлянської структури Бітлянсько-Свидовецького субпокриву Кросненського покриву. За даними сейсморозвідки, проведеної у 2006 р. на Бітлянській площі у межах однойменної складки виділяють дві при піднесені ділянки, розташовані на північний захід і південний схід від параметричної свердловини 1-Бітля.

Найбільш піднесена ділянка першої з них контролюється ізогіпсою –2450 м, яка відповідає покрівлі еоцену. Друга ділянка хоча й менше піднесена –2550 м, проте вона набагато впевненіше охарактеризована сейсмічними даними, бо її перетинають аж п'ять сеймопрофілів, проти двох на північному заході.

Виходячи з цього оптимальним місцем закладення свердловини 2-Бітля, з врахуванням ландшафтних умов, є похила ділянка розташована поблизу г. Магура (абс. відм. 1006,8 м) у 3,75 км на південний схід від свердловини 1-Бітля. (рис. 1, 2). Для розкриття і опощування всіх перспективних горизонтів Бітлянської структури глибина свердловини має становити 3900 м, з врахуванням викривлення і відхилення на північний схід стовбура свердловини.

#### **Список використаних джерел:**

Колодій В.В. Подземные конденсационные и солюционные воды нефтяных газоконденсатных и газовых месторождений. Изд-во «Наукова думка», 1975. 120 с.

## ПРОБЛЕМИ ВИДОБУТКУ ГАЗУ ТА КОНДЕНСАТУ НА РОДОВИЩАХ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

*Федоришин Д.Д.<sup>1</sup>, д. геол. н., професор, dmytro.fedoryshyn@nung.edu.ua,*

*Михайловський І.З.<sup>2</sup>, burproekt@ukr.net,*

*Федоришин С.Д.<sup>1</sup>, к. геол. н., serhii.fedoryshyn@nung.edu.ua,*

*Трубенко О.М.<sup>1</sup>, к. геол. н., geotom@nung.edu.ua,*

*1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,*

*м. Івано-Франківськ, Україна,*

*2 – ТЗОВ «БУРПРОЕКТ», м. Львів, Україна*

Основні проблеми пошуків та розвідки газових і газоконденсатних родовищ в літолого-стратиграфічних товщах південно-західної та центральної частини Більче-Волицької зони зумовлені складними тектонічними та літолого-стратиграфічними умовами формування покладів вуглеводнів. До об'єктивних чинників можна віднести складну геологічну будову порід-колекторів, що зумовлена тектонічними порушеннями у процесі формування пастки, наявність різного типу пустот та глинистого матеріалу, а також обводненням продуктивних пластів на завершальній стадії розробки.

## PROBLEMS OF GAS AND CONDENSATE PRODUCTION IN THE FIELDS OF THE PRECARPATHIAN FOREDEEP

*Fedoryshyn D.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.) Prof., dmytro.fedoryshyn@nung.edu.ua,*

*Mykhailovskyi I.<sup>2</sup>, burproekt@ukr.net,*

*Fedoryshyn S.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), serhii.fedoryshyn@nung.edu.ua,*

*Trubenko, O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), geotom@nung.edu.ua,*

*1 – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

*2 – LLC «BURPROEKT», Lviv, Ukraine*

The main problems of prospecting and exploration of gas and gas condensate fields in the lithological and stratigraphic strata of the southwestern and central parts of the Bilche-Volytsia zone are due to the complex tectonic and lithological and stratigraphic conditions for the hydrocarbon deposits formation. The objective factors include the complex geological structure of reservoir rocks due to tectonic disturbances in the process of trap formation, the presence of various types of voids and clay material, as well as flooding of productive formations at the final stage of development.

Основні проблеми пошуків та розвідки газових і газоконденсатних родовищ в літолого-стратиграфічних товщах південно-західної та центральної частини Більче-Волицької зони зумовлені складними тектонічними та літолого-стратиграфічними умовами формування покладів вуглеводнів. До об'єктивних чинників можна віднести складну геологічну будову порід-колекторів, що зумовлена тектонічними порушеннями у процесі формування пастки, наявність різного типу пустот та глинистого матеріалу, а також обводненням продуктивних пластів на завершальній стадії розробки. Окрім цього, необхідно відзначити зниження інформативності та ефективності електророзвідки як наземної, так і свердловинної. Разом з цим, у неогенових відкладах відмічаються літотиби зі складною петрографічною та петрофізичною тонкошаруватою будовою матриці породи. Таким чином, з метою підвищення інформативності результатів методів геофізичних досліджень свердловин (ГДС) та ефективності пошуків вуглеводнів, необхідно сформулювати оптимальний комплекс новітніх геофізичних методів, зокрема: високоточного індукційного каротажного ізопараметричного зондування (ВІКІЗ), ядерно-магнітного каротажу (ЯМК) разом з акустичними та радіоактивними вимірюваннями. Впровадження такого типу інновацій дасть змогу підвищити інформативність геолого-геофізичних досліджень.

**Ключові слова:** газонасичені породи-колектори, петрофізичні параметри, водонасичення та обводнення порід, тріщинуватість, кавернозність, комплекс геофізичних досліджень, тектонічні порушення.

**Вступ.** Значна частина вуглеводнів, які не вилучені у процесі розробки родовищ нафти і газу, обумовлено складною будовою матриці порід-колекторів літолого-стратиграфічних товщ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Дуже часто виникає проблема встановлення



достовірних результатів геофізичних досліджень свердловин (ГДС), отриманих у пошукових та розвідувальних свердловинах, які розкрили товщу неогену, за рахунок їхньої тонкошаруватої будови із ритмічною зміною фізико-механічних та петрофізичних параметрів гірських порід.

Результати геолого-пошукових робіт на Південнограбинському родовищі показали, що поклади газу та конденсату сформовані у породах, які мають складну будову матриці і, як наслідок, в них відмічено різні типи пористості (тріщинувата, кавернозна та гранулярна), що досить ускладнює виділення порід-колекторів та отримання однозначних висновків на рахунок їх продуктивності. У цьому випадку, виділення такого типу порід-колекторів відбувається за рахунок побудови нових інформаційних петрофізичних моделей родовищ з врахуванням даних експлуатаційного буріння, а також результатів переінтерпретації матеріалів сейсморозвідки та геофізичних досліджень свердловин з використанням сучасних технологій.

Підвищення інформативності результатів геолого-геофізичних робіт у процесі дослідження складнопобудованих літолого-стратиграфічних розрізів та структури порід, що їх виповнюють, сприятиме виявленню нових об'єктів накопичення газу та конденсату, а також дозволить суттєво збільшити об'єм запасів вуглеводнів за рахунок підвищення коефіцієнту газовилучення. Враховуючи особливості геологічної будови неогенових літолого-стратиграфічних товщ, виникає також потреба обґрунтування інформативності комплексних методів геолого-геофізичних досліджень. Оптимізація комплексу геолого-геофізичних досліджень дозволить однозначно виділити породи-колектори, оцінити характер їх насичення та встановити граничні значення коефіцієнтів пористості та газонафтонасичення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Враховуючи те, що видобуток вуглеводнів із пошукових та розвідувальних свердловин на родовищах у межах територій Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину передбачає наявність достовірної геолого-геофізичної інформації, багато науковців геологів та геофізиків присвятили свої наукові праці вивченню фізичних, геологічних і тектонічних умов формування продуктивних порід-колекторів у процесі осадконакопичення та зберігання вуглеводнів [Honarpour, Nagarajan and Sampath, 2006; Tissot. and Welte, 1984; Larsen and Fabricius, 2004; Catuneanu, 2006; Miall, 2000, 2006]. Значну роль у вивченні та дослідженні геологічної будови літолого-стратиграфічних товщ кайнозойської та мезозойської ератем відіграли геологи та науковці: Сеньковський Ю.М., Ступка О.С., Наумко І.М., Павлюк М.І., Стефанік Ю.В., Колодій В.В., Крупський Ю.З., Заяць Х.Б., Чебаненко І.І., Максимчук В.Є., Федішин В.О., Павлюк М.І., Федоришин Д.Д., Лазарук Я.Г., Бойко Г.Ю. та ін.

Зокрема, у роботі Крупського Ю.З. [Крупський Ю., 2001] обґрунтовано та встановлено газонафтоносність та перспективність мезозойської і кайнозойської ератем. Результатами досліджень науковець визначив та встановив закономірності формування родовищ вуглеводнів у тектонічних і геоморфологічних умовах. У роботах Заяць Х.Б. [Заяць, Гаврилко, 2007; Заяць, 2013] та Лазарука Я.Г. обґрунтовано формування тектонічних порушень та створення структурних об'єктів перспективних на вуглеводні [Лазарук та ін., 2013]. У роботах Федоришина Д.Д. [Федоришин Д., 1999] та Федішина В.О. [Федішин В., 2005] виділені продуктивні породи-колектори, обґрунтовано їхні петрофізичні параметри та побудовані графічні петрофізичні залежності.

Окрім цього, вище вказаними науковцями висвітлено та обґрунтовано нові методичні підходи до оцінки і вивчення тектонічної та стратиграфічної будови Більче-Волицької і Бориславсько-Покутської зон, а також встановлено перспективи порід-колекторів у межах мезозойської та кайнозойської ератем. За результатами експериментальних досліджень керну встановлено конденційні значення, зокрема коефіцієнтів пористості, проникності, водонасичення та залишкового водонасичення для складнопобудованих порід-колекторів.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Для вирішення означених проблем, необхідно виділити та класифікувати породи-колектори, оцінити їх ефективну товщину, встановити будову матриці, а також встановити граничні значення коефіцієнтів газонафтонасичення з обґрунтуванням умови вилучення вуглеводнів.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз результатів пошуково-розвідувальних робіт у межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину [Павлюх, 2009] дозволив встановити особливості будови порід-колекторів неогенових відкладів та означити напрямки поширення сарматських, баденських та гельветських відкладів. З метою виконання лабораторних петрофізичних досліджень сформована інформаційна колекція кернового матеріалу та шліфів для встановлення граничних значень підрахункових параметрів порід-колекторів продуктивних горизонтів. Експериментальні дослідження структури та текстури відібраного кернового матеріалу літолого-стратиграфічних тонкошаруватих розрізів сарматського та гельветського ярусів були проведені у лабораторіях ТП ДГП “Західукргеологія”, ІФНТУНГ та ЛВ УкрДГРІ.

За результатами науково-дослідних робіт встановлено, що у більшості порід неогенового віку присутні пісковики зеленкувато-сірого та бурувато-сірого кольору, що зумовлено вмістом глауконіту, а також наявністю різнозернистих (від дрібно- до середньозернистих) щільних, невапняковистих, вапняковистих літотипів в окремих випадках із лінзовидними включеннями кремнію [Прокопів, Федоришин, 2003].

Алевроліти сарматських відкладів темно-сірі зі слабким зеленкуватим відтінком, вапняковисті, міцні, слабкослюдисті.

У гельветських відкладах виділяються пісковики і алевроліти, а також мергелі (баранівська світа), з яких сформовано для експериментальних досліджень колекцію у кількості 47 зразків.

Відповідно до проведених досліджень зразків літолого-стратиграфічних неогенових відкладів, виявлено пісковики дрібнозернисті, кварцові з поровим, карбонатним цементом. В окремих випадках виділяються породи з напівокатаними зернами кварцу витриманого розміру (від 0,15 до 0,30 мм), щільно збиті. Вони складають основну частину кластичної маси, у той час як окремі добре окатані зерна розміром (0,5-0,9) мм становлять не більше 1-2 %. Цемент порід сарматського ярусу представлений розкристалізованим дрібнозернистим кальцитом [Федоришин та ін., 2016].

Породи гельветського ярусу підстеляють вапняки органогенно-детритові і тонкодетритові туронського ярусу. Криптокристалічна основна маса породи насичена дрібними скелетними уламками, більша частина з яких не піддається ідентифікації. Впевнено визначаються фрагменти монокристалів скелетів голкошкірих включень, а також частки спікул та неповні мушлі форамініфер.

Покришкою гельветського ярусу слугують мергелі баранівської світи. Мергелі за своєю будовою глинисті, вапняковисті, органогенні із вмістом форамініферів, а також відмічаються піщано-алевритисті включення. В основній карбонатно-глинистій пелітоморфній масі присутні включення численних органічних залишків – форамініфер (глобігеріни, глобороталії, гломбеліни і більш масивні мушлі). Окремі включення форамініфер інколи заповнені значною кількістю глауконіту або піриту. В окремих шліфах алевритистих та піщанистих порід спостерігаються дрібні уламки мушель, брахіопод, остракод, фосфатних залишків.

Коефіцієнт пористості порід колекторів, які враховані при підрахунку запасів, змінюється в межах 14,0-17,5 %; за проникності, яка складає  $(0,18-52,9) \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Карбонатність взірців, що досліджувалися, змінюється в діапазоні 0,7-32,2 %.

Коефіцієнт пористості порід-покришок становить 1-2,9 %; карбонатність – 41,2-57,2 % при проникності  $(< 0,01-0,03) \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Керновий матеріал, який відбирався з порід нижньосарматських відкладів з горизонтів НД-10, НД-11, НД-13 представлений перешаруванням сірих пісковиків, сірих та темно-сірих крихких алевролітів, вапняковистих аргілітів з незначними за товщиною пропластками туфів та туфітів. Породами-колекторами такого типу геологічного розрізу є теригенні піщано-алевролітові прошарки, що представлені крихкими та слабозцементованими уламками алевролітів.

З горизонту НД-10 відбирався керн зі свердловин № 6 та № 9-ПдГб, (рис. 1) для проведення лабораторного аналізу з метою встановлення петрофізичних і фізичних параметрів та обґрунтування їх граничних значень.

Необхідно зазначити, що у процесі відбору керн були підняті переважно найщільніші різновиди порід, ємнісно-фільтраційні характеристики яких не визначають пористість і проникність порід-колекторів у цілому по розрізу неогенових відкладів.

На Південнограбінському газовому родовищі також розкриті відклади сармату та гелвету, що складені породами, які за умовами накопичення відносяться до осадових. Породами-колекторами на цьому родовищі є пісковисті та алевролітисті різновиди, які за своїм складом відносяться до теригенного типу із міжзерновою за структурною будовою порового простору.

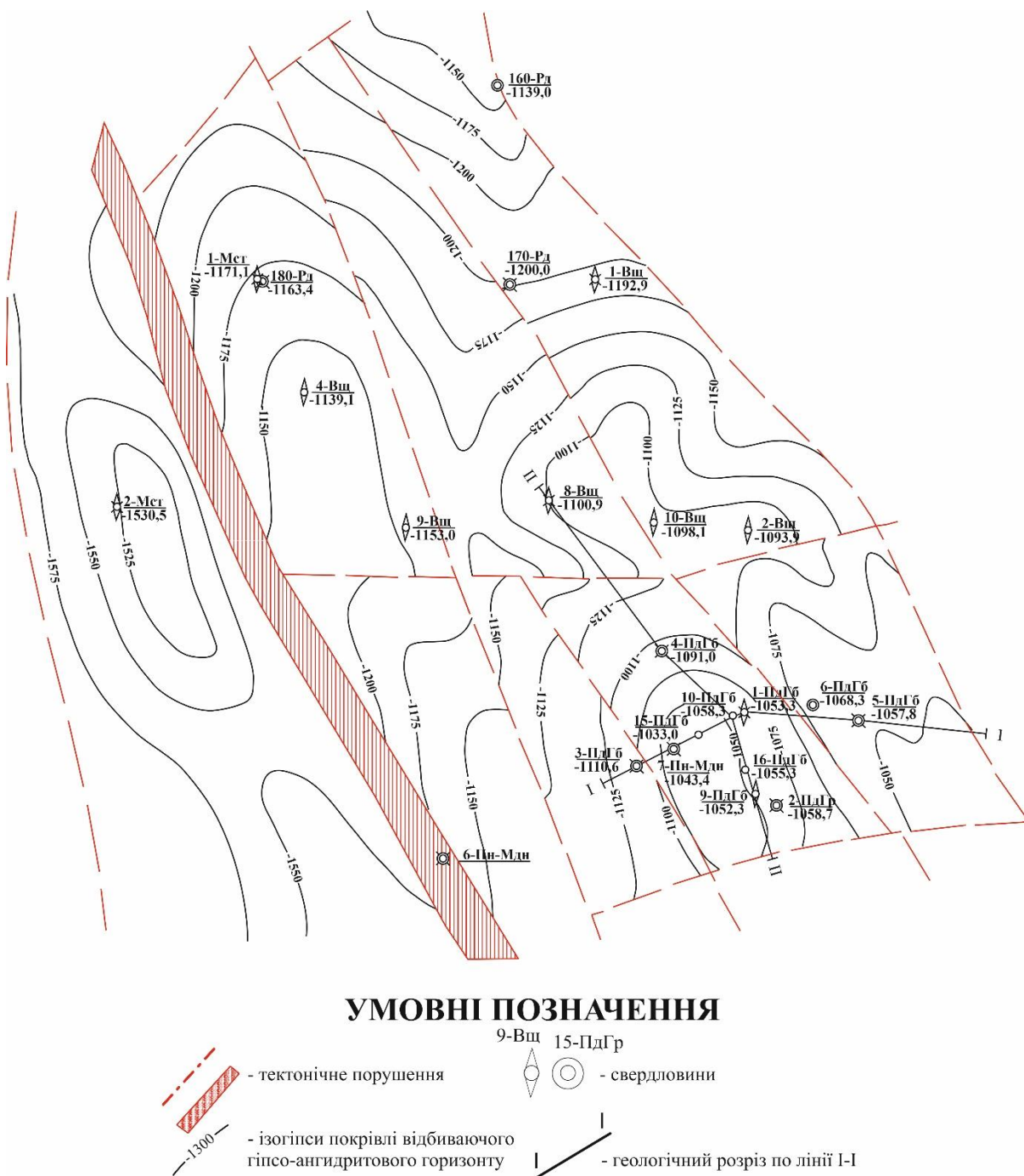
Породи дашавської світи широко розповсюджені у Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину. За своєю формою та літологічним складом дашавська світа поділяється на дві підсвіти: верхню та нижню.

Однією з характерних особливостей відкладів сармату є ритмічність їхньої будови. У підшві ритму відмічені тонкі прошарки глинистих порід, які до покрівлі поступово заміщуються пісковиками та алевролітами. Покрівля ритму в сарматському ярусі, майже повністю виповнена піщано-алевролітистими літотипами. Закінчення ритму відмічається різкою заміною піщано-алевролітистих порід глинами. У підшві цих глин часто відмічені незначні за товщиною прошарки туфів і туфітів.

За результатами інтерпретації матеріалів ГДС в нижньодашавських горизонтах (НД-5 – НД-13) встановлено, що поклади газу приурочені до відкладів нижньодашавської світи горизонту НД-9, що підтверджено результатами його випробування. Для відкладів цих горизонтів характерна тонкошаруватість, що виповнена пачками часто змінних пропластків пісковиків, алевролітів, аргілітів та глин. У цьому випадку співвідношення їх коливається в широких межах, де, як правило, домінують глинисті пропластки. За геофізичними характеристиками зазначеного типу розрізу набуває форми кривих у глинистому розрізі, що в загальному створює систему неоднорідного колектора, вивчення якого промислово-геофізичними методами є складною задачею.

Відклади гелвету також представлені пісковиками з невеликою глинистістю та карбонатністю, що має своє відображення на кривих ГДС, подібно у відкладах сармату. Літолого-стратиграфічні товщі гелвету характеризуються особливо чіткою геофізичною характеристикою на фоні гіпсів та ангідритів тираської світи, котрі залягають вище по розрізу, а також відкладів баранівських верств і карбонатних літотипів мезозою. Характерною розпізнавальною особливістю відкладів гелвету є в багатьох випадках аномально низькі ПЕО та підвищені значення природної гама-активності, порівняно з пісковиками мезозойського комплексу.

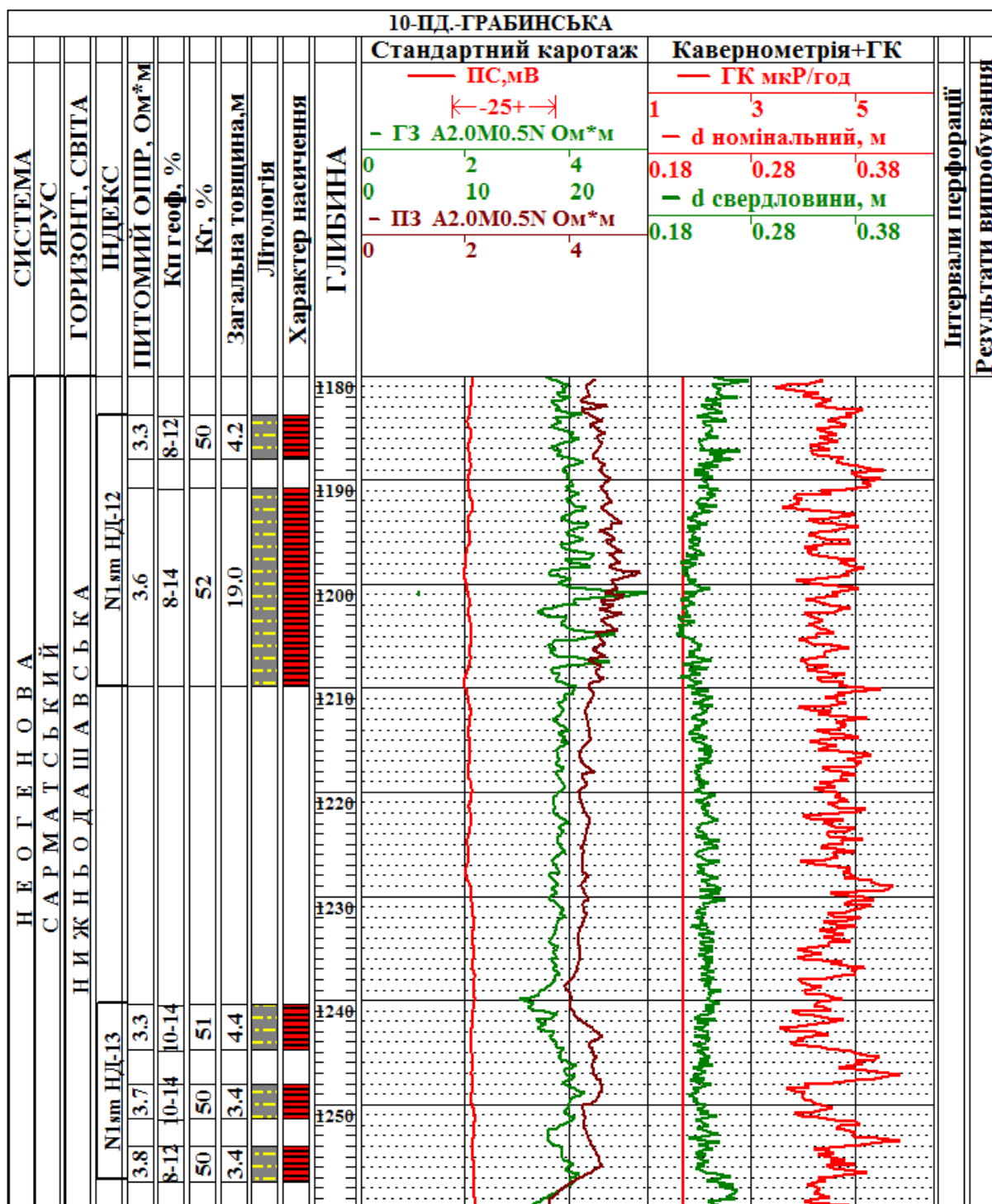
У результаті проведених петрофізичних та рентгеноскопичних досліджень зразків керн порід-колекторів, у яких містяться поклади гелвету, відібраних із свердловин прилеглих площ, встановлено в лабораторіях ІФНТУНГ та УкрДГРІ, що вони різняться між собою як мінеральним складом, так і типом цементу. До аномальних літотипів віднесені породи-колектори зі складом цементу, до якого входить глинистий матеріал гідрослюдистого та монтморилонітового типу, що значно знижує питомий електричний опір, навіть у випадку насичення їх газом. Закономірності їх розповсюдження вивчені недостатньо. Підвищені значення показів гамма каротажу (ГК) зумовлені, як впливом глинистості пластів, так і наявністю радіоактивних елементів уран-торієвого ряду в глинистому цементі [Трубенко та ін, 2021; Хомин та ін., 2019].



**Рис. 1. Структурна карта відбиваючого гіпсо-ангідритового горизонту за даними буріння.  
[Лазарук Я. Г., 2009]**

У випадку присутності карбонатної складової у цементі порід відкладів гелівету питомий електричний опір їх зростає, зменшується природна радіоактивність, і пласти з такою характеристикою можна умовно віднести до категорії мономіктових.

Таким чином, результати комплексного вивчення літолого-стратиграфічної будови порід Південнограбинського газового родовища дають можливість впевнено провести літологічне розчленування та кореляцію розповсюдження продуктивних порід у межах пошукових площ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину (рис. 2).



**Рис. 2. Геолого-геофізична характеристика пластів-колекторів продуктивних горизонтів НД-12 та НД-13 у свердловині № 10-Південнограбинська**

На прикладі відкладів сарматського ярусу, здійснено також обґрунтування перспектив видобутку газу і конденсату із порід горизонтів НД-12 та НД-13 нижньодашавської підсвіти неогену, шляхом порівняння геолого-петрофізичних параметрів, встановлених для аналогічних порід у свердловинах № 7-Бистрицька, №7-Пн.Мединицька, №10-Пд.Грабинська, № 6-Пд.Грабинська та № 1-Пд.Грабинська.

У свердловині № 7-Пн.Мединицькій при стаціонарному випробовуванні пластів-колекторів гелвету та бадену (інтервали 1338,0-1335,0 м, 1335,0-1332,0 м, 1331,0-1323,0 м) отримано незначний приплив газу зі слідами конденсату. При випробовуванні пластів горизонту НД-9 нижньоодашавської підсвіти (1080,0-1017,0 м) отримано приплив газоводяної суміші.

Враховуючи результати переінтерпретації методів ГДС та оперативні дані, отримані у процесі комплексних геофізичних досліджень, які виконала ІФЕГДС, побудовано кореляційну схему горизонтів НД-10 – НД-14 по лінії свердловин № 7-Бистрицька, № 7-Пн.Мединичі, № 10,6-Пд.Грабинська, № 1-Грабинська (рис. 3).

**Продуктивні горизонти мають наступні характеристики:**

- горизонт НД-10 – представлений алевролітами з петрофізичними параметрами:  $\rho_p = 5-6,5$  Омм;  $K_p = 10-16$  %;  $K_g = 60$  % (у св. 7-Бистрицька та св. 1-Грабинська – продуктивний);
- горизонт НД-11 – представлений алевролітами та алевролітами ущільненими, з  $\rho_p = 4,3-6,3$  Омм;  $K_p = 10-15$  %;  $K_g = 10-15$  % (у св. 1-Грабинська – газонасичений);
- горизонт НД-12 – представлений алевролітами з петрофізичними параметрами:  $\rho_p = 3,6-5,0$  Омм;  $K_p = 8-15$  %;  $K_g = 52-60$  % (у св. 7-Бистрицька та у св. 7-Пн.Мединичі – газонасичений);
- горизонт НД-13 – представлений алевролітами та алевролітами щільними з петрофізичними параметрами:  $\rho_p = 3,6-4,7$  Омм;  $K_p = 6-14$  %;  $K_g = 51-53$  % (у св. 1-Грабинська – газонасичений);
- горизонт НД-14 – представлений алевролітами з петрофізичними параметрами:  $\rho_p = 3,0-3,5$  Омм;  $K_p = 6-10$  % (у св. 6-Пд.Грабинська – водонасичений).

**Висновок.** Горизонти нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу неогену НД-12-НД-13 залягають на поверхні косівської світи, представлені потужними товщами глин слюнистих, пісковистих, вапняковистих, сірого та темносірого кольору. Ці товщі перемежуються прошарками пісковиків та алевролітів, товщина цих утворень коливається від декількох сантиметрів до 1-2 м.

Виконаний оптимальний комплекс ГДС, який проводився в свердловинах даного родовища, а також якість отриманих матеріалів, дозволили виділити пласти-колектори, визначити їх фільтраційно-ємнісні характеристики та ефективні товщини, оцінити коефіцієнт газонасичення порід-колекторів у межах горизонтів НД-12, НД-13.

Оцінка пористості пластів-колекторів здійснювалась за результатами інтерпретації методу електричного опору, акустичного каротажу, методів самочинної поляризації та природної радіоактивності. Петрофізичною основою для визначення коефіцієнтів пористості порід-колекторів за результатами ГДС були кореляційні залежності типу “кern-кern”, “кern-геофізика” між відкритою пористістю  $K_p$  і геофізичними характеристиками:  $R_p$ ,  $\alpha_{ps}$ ,  $\Delta J_\gamma$ ,  $\Delta J_{ny}$ ,  $\Delta T$  та ін., які встановлені для порід сарматського ярусу даного родовища, так і для аналогічних відкладів на сусідніх родовищах.

Ефективні газонасичені товщини порід-колекторів дашавської світи сарматського ярусу визначені за якісними та кількісними критеріями з врахуванням граничних значень коефіцієнтів пористості, газонасиченості та інших параметрів, визначених в аналогічних розрізах сусідніх родовищ.

**Враховуючи наведене вище, можемо підсумувати:**

- пласти-колектори горизонтів НД-10-НД-14 нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу неогену в свердловинах 7-Бистрицька, 7-Пн.Мединичі, 10, 6-Пд.Грабинська, 1-Грабинська виповнені однотипними та аналогічними літолого-стратиграфічними відкладами;
- вони є однаковими за своїми геолого-геофізичними характеристиками;
- залягають приблизно на одній і тій же глибині та витримані по всій площі, зі зміною загальної товщини з незначним літологічним заміщенням на непроничні пропластки або пропластки з погіршеними фільтраційно-ємнісними характеристиками.

Відповідно пласти-колектори НД-12, НД-13 виявлені у свердловинах 7-Пн.Мединичі, 10, 6-Пд.Грабинська, та в цілому по Південнограбинському родовищу є перспективними для видобутку газу та газоконденсату.





### Список використаних джерел:

1. Заяць Х. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту та газ / Х. Заяць. Львів: Центр Європи, 2013. 136 с.
2. Заяць Х., Гаврилко В. Порівняльна характеристика геологічної будови та сейсмічної інформації родовищ Лопушна (Україна) та Лонкта (Польща) *Геологія та геохімія горючих копалин*. 2007. № 4. С. 55-62.
3. Крупський Ю. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. Київ: Укр ДГРІ, 2001. 144 с.
4. Лазарук, Я., Заяць, Х., & Побігун, І. Гравітаційний тектогенез Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2013. № 1-2 (162-163). С. 5-16. [file:///C:/Users/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D1%8F/Downloads/giggk\\_2013\\_1-2\\_3.pdf](file:///C:/Users/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D1%8F/Downloads/giggk_2013_1-2_3.pdf)
5. Павлюх О. Особливості геологічної будови та формування покладів газу в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2009. № 3-4 (148-149). С. 31-43. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/58960>
6. Прокопів, В. Й., Федоришин, Д. Д. Оцінка геолого-геофізичних неоднорідностей при дослідженнях складнобудованих порід-колекторів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2003. № 2(7). С. 28-34. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/6307>
7. Федішин В. О. Низькопористі породи-колектори газу промислового призначення: Моногр. Укр ДГРІ, Київ, 2005, 147 с.
8. Федоришин Д. Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції): дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.
9. Федоришин Д. Д., Трубенко О. М., Федоришин С. Д., Фтемов Я. М., Коваль Я. М. Перспективи ядерно-фізичних методів під час виділення газонасичених порід-колекторів складнобудованих неогенових відкладів. *Геодинаміка*. 2016. № 2. С. 134-143. <https://doi.org/10.23939/jgd2016.02.134>
10. Хомин, В., Цьомко, В., Гоптарьова Н., Броніцька, Н., Трубенко, А. (2019). Геолого-промислові особливості розкриття та випробування слабопроникних газонасичених відкладів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2019. Вип. 1 (84). С. 42-48. <https://geology.bulletin.knu.ua/issue/archive>
11. Trubenko, O. M., Fedoryshyn, D. D., Artym, I. V., Fedoryshyn, S. D., & Fedoryshyn, D. S. (2021). Geophysical interpretation methods' improvement of Bilche-Volytska zone of Pre-carpathian foredeep complex geological cross-sections' comprehensive research results. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, (4 (81)), 33-40. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4\(81\)-33-40](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4(81)-33-40)
12. Honarpour, M. M., Nagarajan, N. R., and Sampath, K. (2006). Rock/luid characterization and their integration—Implications on reservoir management, *Journal of Petroleum Technology*, 58, 120-131.
13. Tissot, B. P. and Welte, D. H. (1984). *Petroleum Formation and Occurrence*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 699.
14. Larsen J.K. and Fabricius, I.L. (2004). Interpretation of water saturation above the transitional zone in chalk reservoirs, *SPE Reservoir Evaluation and Engineering*, 7, 155-163.
15. Catuneanu O. (2006). *Principles of sequence stratigraphy*. Amsterdam: Elsevier, 375 p.
16. Miall A.D. (2006). *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. Springer. 582 p.
17. Miall A.D. (2000). *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer Berlin Heidelberg. 618p.

## ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКУ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ В МЕЖАХ ПЛАТІВСЬКО-ГРАКІВСЬКОЇ СТРУКТУРНОЇ ЗОНИ

*Сурков С.В.<sup>1</sup>, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*

*Костів А.Л.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*

*Ковшиков А.О.<sup>1</sup>, kovshikov.andriy@ugv.com.ua;*

*Кривуля С.В.<sup>2</sup>, к. геол. н., serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*

*Пуц Д.В.<sup>2</sup>, denys.puts@ugv.com.ua;*

*Разінкова Н.В.<sup>2</sup>, nina.razinkova@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «Укргазвидобування» філія Український науково-дослідний інститут  
природних газів, м. Харків, Україна,*

*2 – АТ «Укргазвидобування» філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування»,  
смт. Донець, Харківська обл., Україна*

Застосування сучасних технологій сейсморозвідки 3D в межах Платівсько-Граківської структурної зони дозволило розробити концепцію формування покладів вуглеводнів для даної території, що відкриває нові можливості наращування ресурсної бази. Поглиблене вивчення однієї ділянки дозволило відкрити два нових родовища із високодебітними свердловинами. Спираючись на концепцію та наявні геолого-геофізичні матеріали минулих років спрогнозовано імовірність існування аналогічних об'єктів в зоні розвитку північного бортового глибинного розлому, оцінено ресурси та надано рекомендації на подальше проведення геологорозвідувальних робіт.

## PROSPECTS FOR SEARCHING FOR HYDROCARBON RESERVOIRS WITHIN THE BOUNDARIES OF THE PLATIVSKO-HRAKIVSKA STRUCTURAL ZONE

*Surkov S.<sup>1</sup>, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*

*Kostiv A.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*

*Kovshikov A.<sup>1</sup>, kovshikov.andriy@ugv.com.ua;*

*Kryvulia S.<sup>2</sup>, Ph.D. (geology), serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*

*Puts D.<sup>2</sup>, denys.puts@ugv.com.ua;*

*Razinkova N.<sup>2</sup>, nina.razinkova@ugv.com.ua,*

*1 – Joint stock company «Ukrgasvydobuvannya» affiliate Ukrainian Research Institute  
of Natural Gases, Kharkiv, Ukraine,*

*2 – Joint stock company «Ukrgasvydobuvannya» affiliate GPD «Shebelynkagasvydobuvannya», Donetsk,  
Kharkiv oblast, Ukraine*

The use of modern 3D seismic technologies within the Platyvsko-Hrakivska structural zone allowed to develop the concept of formation of hydrocarbon deposits for this area, which opens up new opportunities for expanding the resource base. An in-depth study of one area allowed the discovery of two new deposits with high-throughput wells. Based on the concept and the available geological and geophysical materials of the past years, the probability of the existence of more similar objects in the development zone of the northern lateral deep fault was predicted, the resources were estimated and recommendations were made for further exploration work.

Перспективи наращування розвіданих запасів вуглеводнів (ВВ) у Дніпровсько-Донецькій западині на даному етапі пов'язуються з детальним дослідженням відносно слабо вивчених ділянок на новому якісному рівні. У той же час, в межах таких територій, для проведення геолого-геофізичних досліджень з метою вивчення і оцінки перспектив нафтогазоносності, необхідне створення наукових передумов їх реалізації шляхом розробки концепцій формування природних резервуарів, шляхів міграції флюїдів, виникнення умов для утворення пасток різних типів, можливості акумуляції і збереження покладів ВВ.

До таких територій можна віднести окремі частини прибортових зон, що приурочені до смуги глибинних бортових розломів. Особливе місце серед них займає Платівсько-Граківська ділянка, яка в даний час є об'єктом інтенсивного геолого-геофізичного вивчення і концентрації пошуково-розвідувальних робіт. Перспективність її пов'язана, насамперед, з невеликою глибиною залягання основних продуктивних горизонтів; сприятливими гірничо-геологічними умовами для буріння свердловин; можливістю отримання результатів сейсморозвідувальних

досліджень достатньо високої достовірності; високим коефіцієнтом успішності; існуванням певного резерву підготовлених і виявлених структурних форм, як потенційних пасток.

Спеціальні нафтогазопошукові роботи в цій території проводилися у 60-90-х роках минулого сторіччя. Досліджувана площа покрита сіткою сейсмічних профілів MBX і MCGT, електро-, граві-, та магніторозвідкою. Пробурено Старопокрівський профіль структурно-пошукових свердловин, якими позкрито осадову товщу до відкладів башкирського ярусу середнього карбону включно. За даними досліджень було виявлено, підготовлено та передано в буріння ряд структур (Шуринська, Платівська, Сіверська, Бірюзова, Мохначівська, Білозірська, Станична, Моспанівська, Явірська, Граківська, Південно-Граківська, Мирейська, Волохівська та інші). За результатами пошуково-розвідувальних робіт було відкрито Шуринське (М-5), Платівське (С-17), Білозірське (С-16-18, В-18), Волохівське (М-2-7, Б-1-2, Б-10, Б-12-13, С-5, С-7, С-8, С-18, В-16), Борисівське (Південно-Граківська ділянка, М-1, В-19) газоконденсатні родовища. Найбільш значними запасами газу з них представлено Волохівське (~ 5 млрд м<sup>3</sup>) та Південно-Граківський блок Борисівського родовища (~ 2 млрд.м<sup>3</sup>). Також на двох останніх родовищах виявлено незначні поклади нафти. Шуринське, Платівське, Білозірське родовища відносяться до дуже дрібних із запасами газу менше 10 млн м<sup>3</sup> [1]. Крім того непромислові поклади були виявлені у свердловинах 1-Бірюзівська (С-5) та Старопокрівська-2 (Б-6-7) при випробуванні яких було отримано припливи ВВ з водою.

Територія між Шуринським та Платівським родовищами на заході та Волохівським і Південно-Граківським блоком Борисівського родовища на сході площею близько 600 км<sup>2</sup> тривалий час залишалась достатньо слабо вивченою. Відкриття по її периферії згаданих вище дрібних за запасами об'єктів знижували інтерес до площі в цілому. Вивченню також не сприяла низька щільність сейсмічних профілів. По площі проходить межа зон діяльності Східноукраїнської та Придніпровської сейсморозвідувальних експедицій, багато профілів мають закінчення в її середній частині які є малоінформативними. У зв'язку з цим крайовий розлом трасується в межах території умовно і зона його впливу в осадовому чохла практично не досліджена.

Новим етапом дослідження цієї території стало отримання у 2016 році АТ «Укргазвидобування» Західно-Волохівської ділянки на дослідження надр, перспективність якої була обґрунтована фахівцями УкрНДІгазу. У 2017 році в рамках розпочатих робіт ДГП Укргеофізика виконано переобробку та переінтерпретацію 2D сейсмопрофілів минулих років. За його результатами складено паспорт на Моспанівську структуру та підготовлено її до пошукового буріння на візейські відклади.

У 2019 році проведені польові сейсморозвідувальні роботи на Західно-Волохівській площі за технологією 3D, результатом яких став побудований сейсмічний куб 3D. Інтерпретацію сейсмічних матеріалів виконано УкрНДІгазом в 2020 р, за результатами чого побудована уточнена геологічна модель ділянки вивчення (рис. 1–3), що дало змогу підготувати Моспанівську структуру до пошукового буріння по горизонтам відбиття у пізньовізейських, пізньосерпуховських, башкирських та московських відкладах. В західній частині сейсмічного кубу, вперше було виділено та закартовано структуру, зі схожою геологічною будовою, що відокремлюється від останньої Білозірським виступом. Структура, названа Західно-Білозірською, являє собою терасоподібне напівсклепіння, екрановане з північного сходу Моспанівським скидом.

Протягом 2022-2023 років геологічною командою Компанії, за рахунок додаткових спеціальних досліджень сейсмічного кубу за методом AVO, в розрізі московських, башкирських відкладів виявлено та оконтурено ряд сейсмічних аномалій хвильового поля, що ототожнювалися з ймовірною газонасиченістю порід в межах обох структурно-тектонічних елементів.



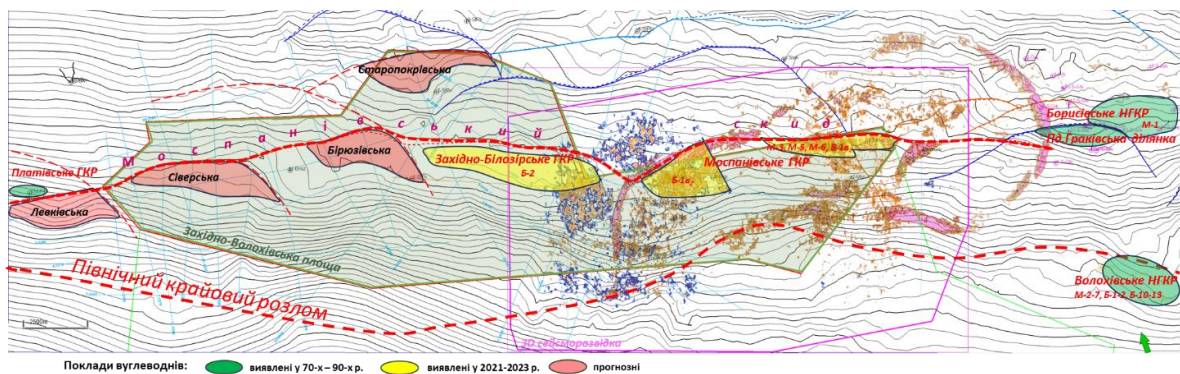


Рис. 1. Платівсько-Граківська структурна зона. Структурний план покрівлі башкирського ярусу

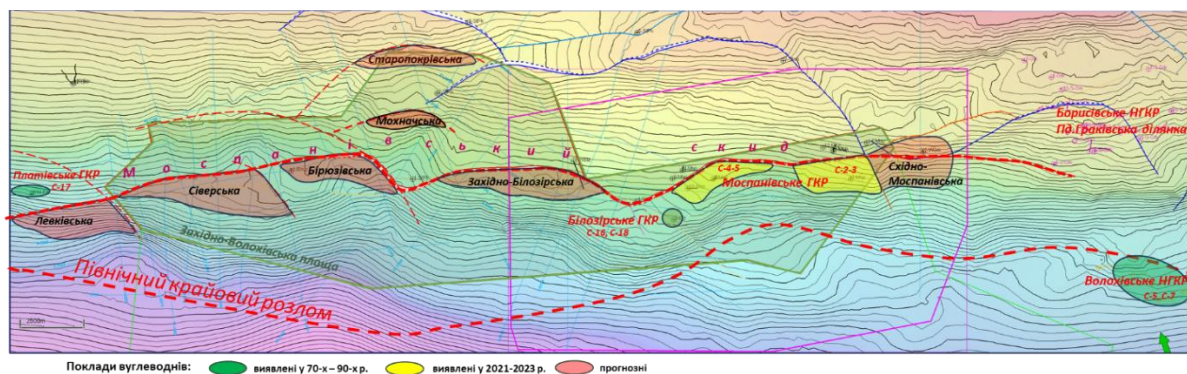


Рис. 2. Платівсько-Граківська структурна зона. Структурний план покрівлі серпуховського ярусу

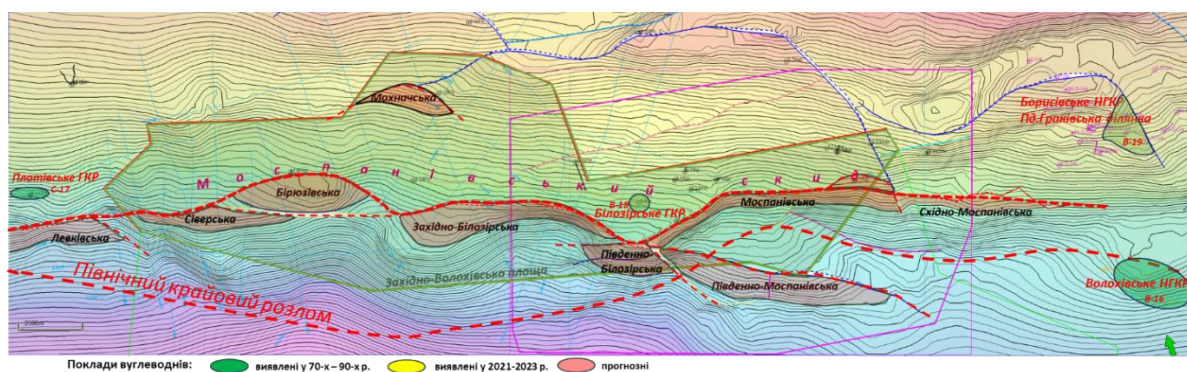


Рис. 3. Платівсько-Граківська структурна зона. Структурний план покрівлі візейського ярусу

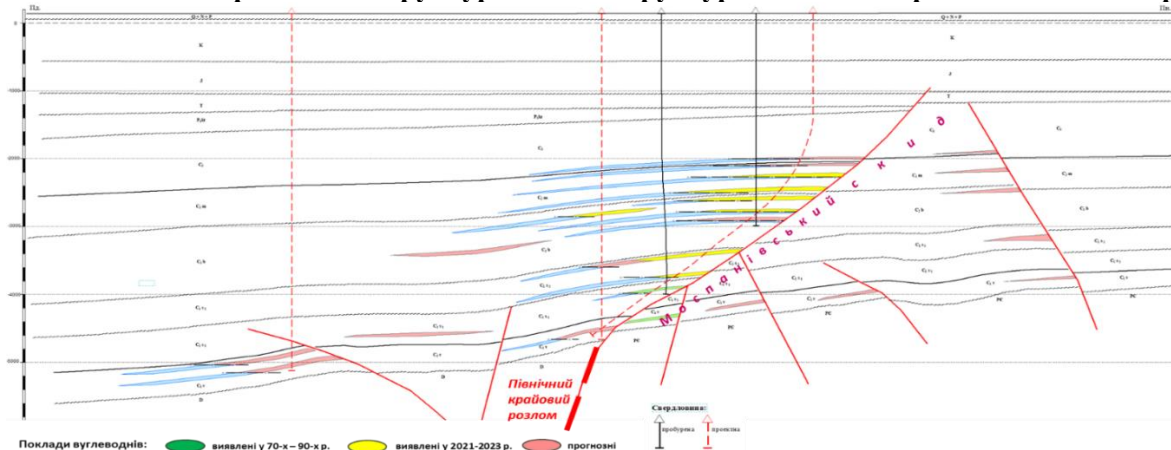


Рис. 4. Платівсько-Граківська структурна зона. Узагальнений геологічний розріз

Пошукові роботи розпочаті у 2021 році і продовжуються на даний час. За результатами проведеного пошуково-розвідувального буріння, промислово газонасні поклади виявлено у пізньосерпуховських відкладах раннього карбону, башкирських та московських відкладах

середнього карбону. Більшість із виявлених покладів вуглеводнів, вдалося досить оперативно ввести в дослідно-промислову експлуатацію. Необхідно відмітити, що фактичні дебіти отримані при дослідженні ряду пошукових та розвідувальних свердловин виявилися в рази вищими за проєктні, і є одними з найпотужніших за останні кілька років по Товариству.

За результатами проведених геолого-розвідувальних робіт встановлені перспективи розширення контурів продуктивності уже відкритих покладів та виявлення нових скупчень вуглеводнів, як на об'єкті вивчення так і суміжних територіях.

Ресурсний потенціал підготовлених під пошуково-розвідувальне буріння об'єктів оцінюється в понад 10 млрд м<sup>3</sup> у газовому еквіваленті і при підтвердженні прогнозних показників може потрапити до списку родовищ із найбільшими запасами серед відкритих АТ «Укргазвидобування» за роки незалежної України.

За результатами проведених пошуково-розвідувальних робіт можна зробити наступні висновки.

1) В зоні глибинного бортового порушення в осадочному чохлі через всю площу простежується згідний скид амплітудою 50-100 м з пологим падінням скидача (близько 45 град.) в напрямку осової частини грабену, який, імовірно, формувався конседиментаційно на протязі усього періоду формування прогину і простежується від фундаменту до відкладів юрського віку. (рис.4)

2) В плані скид має складну зигзагоподібну форму оминаючи, імовірно, виступи фундаменту (Білозірський, Мохначівський) та перетинається відгалуженнями порушень, які проявляються в бортовій частині і поступово згасають у скинутому блоці в напрямку падіння осадочних верств (Станичний незгідний скид).

3) В проміжках між цими ускладненнями в скинутому блоці на фоні загального моноклінального падіння верств утворились своєрідні терасоподібні уступи, в межах яких, на протязі усього часу формування розлому утворювались аномальні накопичення піщаного матеріалу у вигляді конусів виносу, русел, дельт, прибережних барів. Імовірно, що по цій смузі на різних геологічних етапах осадконакопичення проходила мілководна прибережна зона.

4) В наслідок пологого падіння скидача апікальні частини структур зміщуються в плані від московських до візейських відкладів на 2-2,5 км і через це розвідку доцільно проводити окремими сітками вертикальних свердловин або похилоскерованими.

5) Піщані тіла часто мають локальне розповсюдження і концентруються в зонах шляхів зносу уламкового матеріалу переважно в апікальних частинах структури, але не виключено їх формування на схилі структури де спостерігаються аномалії хвильового поля та клиноформи на різних стратиграфічних рівнях. Також можуть бути локальні лінзовидні поклади й у піднесеному блоці, про що свідчить поклад у св.№1-Білозірська.

6) Виявлені поклади ВВ пластові переважно комбінованого типу: тектонічно екрановані та літологічно обмежені з газоводяним контактом. В сейсмічному полі в московських та башкирських відкладах поклади проявляються у вигляді контрастних аномалій, що є важливою пошуковою ознакою і суттєво збільшує коефіцієнт успішності пошуково-розвідувальних робіт.

7) Перспективним на виявлення покладів ВВ є весь розріз від московських до візейських відкладів включно, які залягають на глибинах від 2,2 до 4,5-5,0 км.

У світлі викладеного вище можна резюмувати, що проведені останніми роками нафтогазопошукові дослідження засвідчили високу перспективність даної території. У зв'язку з чим пропонується подальше дослідження зони глибинного бортового розлому й суміжних частин грабену та Північного борту. Для цього необхідно, насамперед, проведення широкоазимутальної сейсморозвідки за технологією 3D в межах всіх перспективних ділянок. За попередніми дослідженнями прогнозується наявність в цій зоні об'єктів аналогічних Моспанівській та Західно-Білозірській структурам. Ресурсний потенціал в газовому еквіваленті оцінюється в декілька млрд м<sup>3</sup> по кожному об'єкту.

#### **Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України. Том I, II // – Львів, 1998.



## **НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ ЗА РАХУНОК НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (ТОРФ, ГОРЮЧІ СЛАНЦІ, БУРЕ ВУГІЛЛЯ)**

*Багрій І.Д.<sup>1</sup>, д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*Дубосарський В.Р.<sup>3</sup>, к. геол. н., dvr2569@ukr.net;*

*Ярошовець-Баранова К.А.<sup>3</sup>, аспірант, katerina.yaroshovetseo\_33@ukr.net;*

*Мамишев І.Є.<sup>3</sup>, с.н.с., iemamyshev@gmail.com;*

*1 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна;*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна;*

*3 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

Події останніх років, зокрема відкрита збройна агресія проти України з боку сусідньої держави, спричинила в країні енергетичну кризу. На сьогодні гостро постає питання щодо реалізації стратегічних завдань та комплексу заходів, щодо ефективного забезпечення енергетичної незалежності України. У статті обґрунтовано потребу нарощування енергетичного потенціалу держави за рахунок нетрадиційних джерел енергії (торф, горючі сланці, буре вугілля). Часткова відмова від закупівлі та використання в паливно-енергетичному комплексі (ПЕК) України імпортованих паливно-енергетичних ресурсів дозволить скоротити валютні витрати на вироблення теплоти на підприємствах житлово-комунального господарства, промислових підприємствах та передбачає використання власного палива, сприяючи розвитку енергетично-добувної галузі. Викладено результати аналізу стану запасів, кількості родовищ горючих корисних копалин України (торф, горючі сланці, буре вугілля), з урахуванням проведеної систематизації матеріалів по торфовищах регіонів; надана інформація по енергетичним можливостям видобутку торфу, горючих сланців, бурого вугілля та паливно-енергетичним об'єктам, які можуть впровадитися в найближчі терміни у виробництво, що дасть можливість у майбутньому забезпечити Україну енергетичною сировиною.

## **INCREASING THE ENERGY POTENTIAL OF THE STATE THROUGH NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES (PEAT, OIL SHALE, BROWN COAL)**

*Bagrii I.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Professor, bagrid@ukr.net;*

*Paiuk S.<sup>2</sup>, golova@dkz.gov.ua;*

*Dubosarskyi V.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), dvr2569@ukr.net,*

*Yaroshovets-Baranova K.<sup>3</sup>, researcher of scientific degree, katerina.yaroshovetseo\_33@ukr.net;*

*Mamyshev I.<sup>3</sup>, senior researcher, iemamyshev@gmail.com;*

*1 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Reserves (SCMR), Kyiv, Ukraine;*

*3 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The events of recent years, in particular the open armed aggression against Ukraine by a neighboring state, have caused an energy crisis in the country. Today, the issue of implementing strategic tasks and a set of measures to effectively ensure Ukraine's energy independence is becoming acute. The article substantiates the need to increase the energy potential of the State at the expense of non-traditional energy sources (peat, oil shale, lignite). Partial refusal from the purchase and use of imported fuel and energy resources in the fuel and energy complex (FEC) of Ukraine will reduce foreign exchange costs for heat generation at housing and communal services, industrial enterprises and provide for the use of domestic fuel, contributing to the development of the energy industry. The article presents the results of the analysis of the state of reserves and the number of deposits of fossil fuels in Ukraine (peat, oil shale, lignite), taking into account the systematization of materials on peatlands in the regions; information is provided on the energy potential of peat, oil shale, lignite extraction and fuel and energy facilities that can be introduced into production in the near future, which will make it possible to provide Ukraine with energy raw materials in the future.

**Вступ.** Необхідною умовою існування будь-якої держави в сучасному світі є використання енергії. Ще з часів становлення незалежності України, енергозалежність залишається основним викликом для її економіки [4], оскільки вона забезпечує функціонування підприємств провідних галузей національного господарства та енергетичну безпеку країни [3]. Згідно з енергетичною стратегією України, одним із пріоритетних національних інтересів у сфері енергетики є зменшення залежності національної економіки від негативного впливу, у зв'язку з дефіцитом власних паливно-енергетичних ресурсів і необхідністю зовнішніх поставок. Також,

варто відмітити, що більшість країн світу має такий, або навіть гірший рівень енергетичної самозабезпеченості в порівнянні з Україною [4]. Отже, сьогодення української держави тісно пов'язане з проблемою енергонезалежності від вирішення якої залежить стабільність, стійкість та конкурентоспроможність національної економіки. В результаті цього зростає гостра потреба в енергетичних ресурсах та необхідність пошуку альтернативних джерел енергії (торф, горючі сланці та буре вугілля) з метою підвищення енергоефективності та енергонезалежності країни з метою досягнення високого рівня конкурентоспроможності національної економіки [1]. Україна, крім нафти і газу, має інші види вуглецевої сировини, торф, горючі сланці, а також буре вугілля [14], але видобуток останніх з роками у країні суттєво знижується з політичних та економічних причин [3].

**Матеріали та методика досліджень.** В роботі застосовані аналітичні методи з обробки опублікованих джерел, узагальнення геологічної інформації: фондових матеріалів та звітів, у тому числі) затверджених Державною комісією України по запасах корисних копалин (ДКЗ) геологічних карт і схем родовищ, по запасам горючих копалин України: торфовищам, покладам бурого вугілля та горючих сланців та здійснено статистично-математичний аналіз за допомогою програм Excel, Statistica.

**Виклад основного матеріалу. Мета дослідження.** Енергетичне обґрунтування альтернативних енергетичних ресурсів до впровадження у видобуток (торф, горючі сланці, буре вугілля). Серед відомих в Україні нетрадиційних видів твердих палив [11] особливої уваги, в сучасних умовах, заслуговують торфові ресурси, оскільки мають значний енергетичний потенціал [1]. Торф – геологічно наймолодша ланка в ланцюгу каустобіолітів: [11] **торф**

→ **буре вугілля** → **кам'яне вугілля** → **антрацит**

Поверхнєве розташування торфових родовищ дозволяє розробляти запаси відкритим способом, що робить виробництво значно дешевшим, безпечнішим та конкурентоспроможним альтернативним місцевим видом палива. Геологічні та балансові запаси торфу за даними Державного інформаційного геологічного фонду України наведені в табл. 1 [8].

Таблиця №1.

Розподіл запасів і видобутку торфу по адміністративних областях [8]

Назва області	Кількість родовищ		Геологічні запаси, тис. т	Балансові запаси, тис. т
	Всього	Балансові		
Волинська	308	99	419257	154123
Рівненська	251	107	354902	128164
Чернігівська	276	94	255422	255422
Київська	141	27	225785	77438
Львівська	167	75	215611	146256
Тернопільська	96	53	119119	28208
Полтавська	57	28	102754	22975
Сумська	130	56	101354	44088
Житомирська	144	38	80129	26437
Хмельницька	136	43	72064	23537
Черкаська	47	14	53443	9992
Вінницька	88	24	43775	14986
Івано-Франківська	51	19	13872	5283
Харківська	37	2	4996	283
Херсонська	4	3	3331	2477
Кіровоградська	5	-	2755	-
Донецька	18	-	771	-
Миколаївська	7	-	400	-
Запорізька	5	-	343	-
Дніпропетровська	3	-	79	-
Луганська	4	-	76	-
Закарпатська	8	-	59	-
<b>Всього в Україні</b>	<b>1983</b>	<b>682</b>	<b>2070297</b>	<b>759532</b>

Торфові родовища зустрічаються майже по всій території України. Основні запаси торфу сконцентровані в районах Полісся, в наступних областях: Рівненській, Волинській,

Чернігівській, Житомирській, Київській, Львівській, що робить торф суттєвим резервом покращення паливно-енергетичного балансу України (рис. 1) [8].

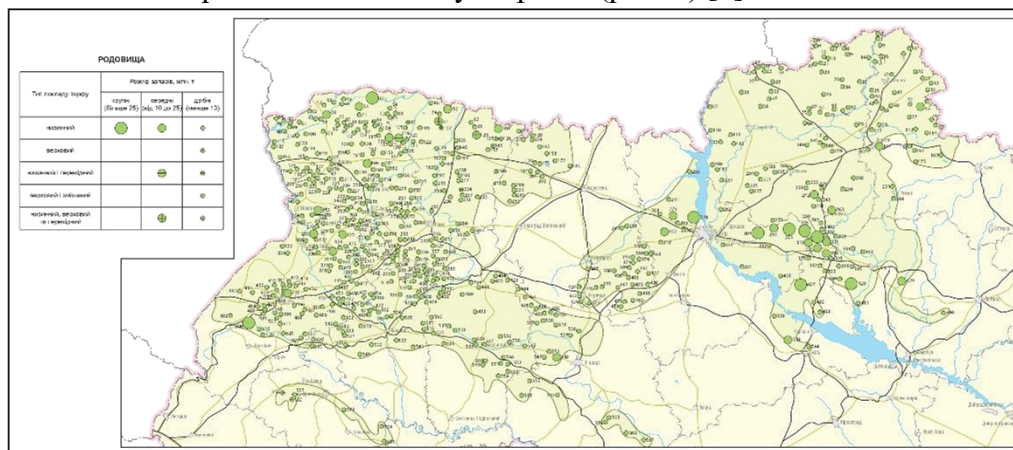


Рис. 1. Поширення торфових ресурсів України (масштаб 1:5000 000)

В порівнянні з іншими твердими горючими копалинами (кам'яне та буре вугілля, горючі сланці) тільки торф має здатність до відновлення. На торфових родовищах, збережених у природному стані та заболочених землях, річний приріст пласта торфу складає 0,5-1 мм. За розрахунками авторів [13], річний приріст торфових запасів в Україні складає 1,27 млн т/рік, а це перевищення обсягів сучасного середньорічного видобутку, що робить торф відновним ресурсом, тобто темп відновлюваності торфових ресурсів дозволяє збільшити майже удвічі річний видобуток торфу. Україна має значні запаси торфу, які можуть відіграти значну роль в нарощуванні енергетичного потенціалу держави, встановивши паливно-енергетичну незалежність від зовнішніх джерел [12].

Вважається, один з найголовніших енергетичних ресурсів – горючі сланці. На території України процеси сланценосні відклади встановлені в межах Українського щита, Дніпровсько-Донецької западини, Волино-Подільської плити, Карпат. Запаси і ресурси горючих сланців за категоріями С<sub>2</sub> і Р<sub>1</sub> + Р<sub>2</sub> становлять 3 млрд 795 млн т.

Сланценосність Бовтиського родовища доволі висока в порівнянні з іншими відомими на теперішній час родовищами. Розташоване воно в Олександрівському районі Кіровоградської області, і частково, у Кам'янському районі Черкаської області, на правому березі Дніпра. Серед родовищ і сланцепроявів Бовтиське родовище вважається одним з найважливіших родовищ сланців у Європі, (табл. 2). Крім того, на родовищі було підраховано позабалансові запаси, куди, крім некондиційних на час підрахунку частин пластів II і IV горизонтів, було включено також окремі пласти III горизонту, яких не враховували під час підрахунку запасів [9].

Таблиця № 2

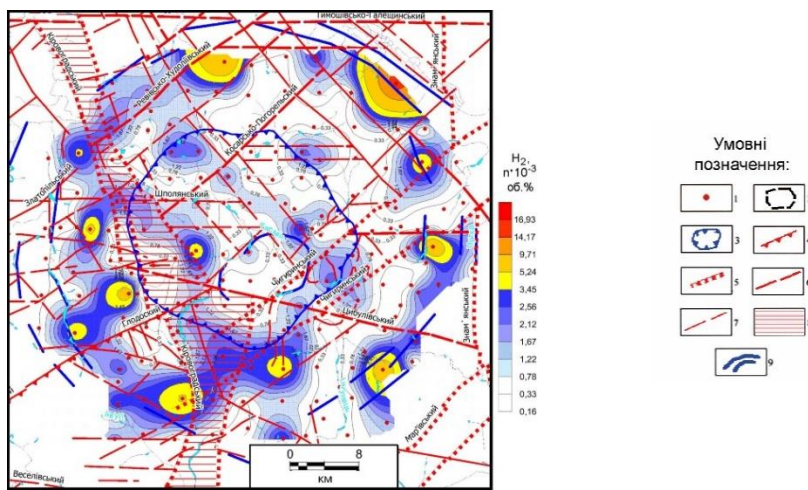
Співставлення якості горючих сланців різних родовищ

Родовище	Країна	Вміст золи, %	Теплота згоряння, кДж/кг	Вихід смоли, %
Бовтиське	Україна	42,4-70,0	8 372-19 934	6-32,0
Прибалтійський басейн	Естонія	40-60	14 600-16 700	20-40
Кашпірське	Росія	60,3	9 900	13,0-25,0
Фушунське	КНР	78-80	4 200-5 800	3,0-6,0
Єрмало	ПАР	42,5	18 800	13,0-37,8
Єгипетське	ПАР	73,8	8 300	6,6
Тремербе	Бразилія	82,3	2 500-3 700	4,0
Глен-Девіс	Австрія	51,6	14 600	30,0
Грін-Рівер	США	66,9	До 8 400	10-15,0

Вперше закартовано за новітньою технологією, розробленою в Інституті геологічних наук Національної академії наук України, прояви Н2-водню на Бовтиській імпакті структурі, результати представлені на карті. Аномалії водню в межах ділянки досліджень мають як поодинокі (точкові), так і лінійно витягнуті аномалії. Східна гілка перетинає Кіровоградський

глибинний розлом і продовжується вздовж східної частини розлому в межах кратеру. Обидві ці гілки аномалій простежуються до Чигиринського скиду, де вони об'єднуються в одну аномалію північно-східного простягання. На північний захід від центральної частини Бовтиської западини фіксується слабко інтенсивна аномалія водню [9].

На східному краї цієї аномалії встановлене значне підвищення показників вмісту водню, що можливо пов'язано з перетином Ревівсько-Худоліївського розлому з широтним розломом в межах кільцевого валу, а на західному аномалія простежується до західного краю Кіровоградського глибинного розлому. На південь від цього перетину, аномалія водню поділяється на дві гілки. Перша — західна — простежується вздовж західного краю Кіровоградського розлому, за межами кратера змінюючи напрямок при перетинанні блоків. У північно-західній частині ділянки досліджень фіксується лінійна аномалія північно-східного простягання, яка співпадає з Ревівсько-Худоліївським розломом. Північна і східна частина Бовтиської структури характеризуються фоновими показниками водню, за межами яких спостерігаються підвищені значення які не співпадають з відомими тектонічними порушеннями, але збігаються з кільцевою структурою визначеною за результатами дешифрування матеріалами космічної зйомки (МКЗ).



**Рис. 2. Схема розподілу вмісту  $H_2$  в підґрунтовому повітрі Бовтиської імпаکتної структури [9]:**

- 1 – пункти спостереження (ПС) СТАГГД; 2 – контур ділянки робіт СТАГГД; 3 – контур Бовтиської імпаکتної структури; розломи та їх назви: 4 – підкиди; 5 – скиди; 6 – головні; 7 – другорядні; 8 – зона Кіровоградського глибинного розлому; 9 – фрагменти кільцевих структур за результатами дешифрування МКЗ [9]

Найбільш енергетичним, після вуглеводнів (нафти, газу), слід вважати буре вугілля, саме буре вугілля в Україні – єдина енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для забезпечення енергетичної безпеки держави [3]. Поклади бурого вугілля в Україні зосереджені в Дніпровському буровугільному басейні, який об'єднує буровугільні родовища Житомирської, Вінницької, Київської, Кіровоградської, Черкаської, Запорізької та Дніпропетровської областей, частково, в Донецькому (Західний Донбас) басейнах, а також на Новодмитрівському родовищі Дніпровсько-Донецької западини та на Ільницькому, Рокосівському родовищах Закарпатської вугленосної площі.

В структурі балансових запасів вугілля України 5,2% — буре вугілля. Станом на 01.01.2021 р. балансові запаси бурого вугілля кат. А+В+С<sub>1</sub>, придатні для відкритої розробки і становлять 914,5 млн т або 2,1% від запасів вугілля України і знаходяться в Дніпровському басейні та на Новодмитрівському родовищі. В групі перспективних для розвідки ділянок ураховано 156 ділянки з запасами категорій А+В+С<sub>1</sub> – 18592,1 млн т, С<sub>2</sub> – 8246,0 млн т у тому числі, бурого вугілля категорій А+В+С<sub>1</sub> – 286,7 млн т [6].

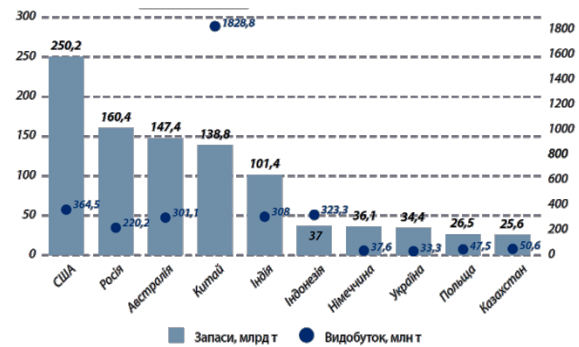
Окрім, твердих горючих корисних копалин Україна має поклади традиційних енергетичних ресурсів видобуток, яких стагнує – нафта та природний газ. Державним балансом



запасів корисних копалин України обліковується 216 родовищ нафти. Основні запаси і видобуток нафти приурочені до Східного регіону, де зосереджено 51,18% розвіданих запасів.



**Рис. 3. Видобуток всіх типів вугілля державними та приватними компаніями (за даними Міненерговугілля) [6]**



**Рис. 4. Країни з найбільшими запасами всіх типів вугілля та його видобуток у 2018 р. [6]**

На родовищах Західного регіону ці показники становлять відповідно 35,77%, видобувається 32,68%. На родовищах Південного регіону 13,05% та 0%. Сумарні балансові (видобувні) запаси нафти родовищ, що знаходяться в промисловій розробці, становлять 69949 тис. т (82,49% від запасів України); В промисловій розробці знаходяться 145 об'єктів обліку нафти. У 2020 році з надр видобуто 1671 тис. т нафти, у порівнянні з 2019 р. – менше на 50 тис. т. Балансові (видобувні) запаси нафти вироблені на 80,2%. Перспективні ресурси нафти станом на 01.01.2021 р. враховані на 101 площі та 79 родовищах в кількості 117314 тис. т, в тому числі на нерозкритих пластах родовищ – 5795 тис. т, на перспективних площах – 111 519 тис. т. За 2020 рік перспективні ресурси зменшились на 2665 тис. т.

Що стосується природного газу, то станом на 01.01.2021 р. нараховується 467 об'єктів обліку – це родовища природного газу та перспективні газові площі. Більшість цих об'єктів комплексні: 65 нафтових, 111 газових, 18 нафтогазових та газонафтових, 155 газоконденсатних, 115 нафтогазоконденсатних, 3 газоконденсатнонафтових. У промисловій розробці знаходиться 285 родовищ з балансовими (видобувними) запасами природного газу – 618719 млн м<sup>3</sup>. Підготовлені до промислового освоєння 22 об'єкти з балансовими (видобувними) запасами газу 26143 млн м<sup>3</sup>, інші родовища (площі) підлягають додатковому геологічному вивченню та проведенню дослідно-промислової розробки, з подальшою підготовкою до промислового освоєння [8].

Родовища газу і газові площі в Україні зосереджені в трьох регіонах: Східний – 289, Західний – 135 та Південний – 43. Східний нафтогазоносний регіон є найбільшим за обсягом розвіданих запасів та видобутком нафти та газу. Родовища нафти та газу Східного регіону приурочені до Дніпровсько-Донецької нафтогазоносної області, що є частиною Прип'ятсько-Донецької нафтогазоносної провінції та північної околиці складчастого Донбасу. Вільний газ родовищ з калорійністю, яка становить – 30-40 тис. кДж. Державним балансом запасів корисних копалин України обліковуються балансові (видобувні) запаси природного газу в кількості 719064 млн м<sup>3</sup>; з невизначеним промисловим значенням – 373103 млн м<sup>3</sup>, позабалансові запаси – 11097 млн м<sup>3</sup>. Слід зазначити, що 94% запасів газу зосереджені на 443 об'єктах суші, а 6,0% – на 15 родовищах шельфу Азовського і Чорного морів. У 2020 році в Україні відкрито 7 нових родовищ вуглеводнів: в Західному регіоні Майницьке, Рудниківське (Львівська область), в Східному регіоні Клубанівсько-Зубренківське, Південно-Медведівське, Південно-Хрещищенське, Кузьмичівсько-Недільне (Харківська область), Лисичансько-Тошківське (Луганська область) [8].

Відновлення видобутку енергетичної сировини могло б вирішити значну кількість проблемних питань енергетичного комплексу країни: забезпечення потреб споживачів енергоресурсів та свою чергу знизити імпорт енергоресурсів, з подальшим залученням інвестицій та створенням нових робочих місць в енергетично-проблемних регіонах тощо. На то

місць, ми отримуємо протягом останніх років суттєве зниження видобутку паливних ресурсів. Динаміка видобутку природного газу та нафти зображена на графіках (рис. 5, 6).

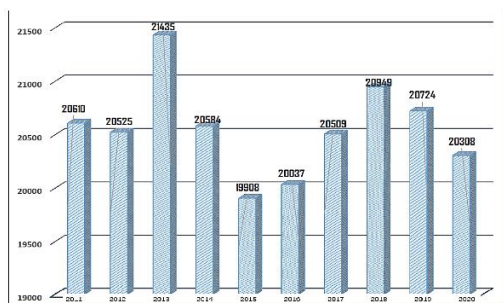


Рис. 5. Динаміка видобутку природного газу за 2011-2020 рр., млн м³[8]

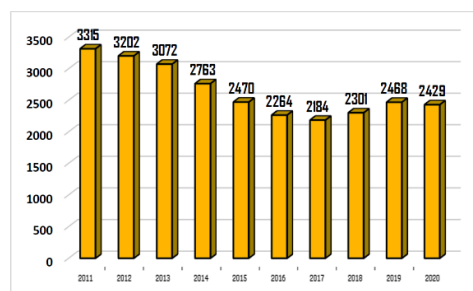


Рис. 6. Динаміка видобутку нафти з газоконденсатом в Україні за 2011-2020 рр. тис.т [8]

На державному рівні, галузь потребує відродження, з наданням податкових пільг компаніям з видобутку альтернативних (торф, горючі сланці та буре вугілля) паливно-енергетичних ресурсів та їх споживачам-виробникам електричної та теплової енергії з подальшим відновленням екосистем в місцях видобутку бурого вугілля та торфу відкритим способом. Україна має працювати над фінансовими стимулами для бізнесу в цьому секторі, а не створювати нові перешкоди перед досягненням бажаної енергонезалежності.

Варто зазначити, буре вугілля придатне для виробництва бітумів (суміш восків, парафінів, олій, асфальтенів), гумінових кислот (застосовуються в акумуляторній промисловості, під час буріння нафтогазових свердловин, в сільському господарстві) та смоли. Найбільш цінна частина екстракту — гірничий, чи монтан-віск, який широко використовується в машинобудуванні для точного лиття, при виробництві пластмас, в побутовій хімії, паперовій та текстильній промисловості.

Глибока і комплексна переробка торфу дозволяє отримувати широкий спектр різноманітної продукції, яка потрібна для різних галузей — хімічної, фармацевтичної і мікробіологічної промисловості, сільського господарства, машинобудування, бурової техніки, захисту металів від корозії, фарбування деревини, охорони довкілля і поглинання радіонуклідів, медицини та ін [1]. Горючі сланці можна використовувати як паливо для електростанцій, для одержання мастил, висококалорійного газу, а відповідні розрахунки дозволяють припустити, що зі смол Бовтиського родовища можна витягнути 800 млн т сирої нафти [9].

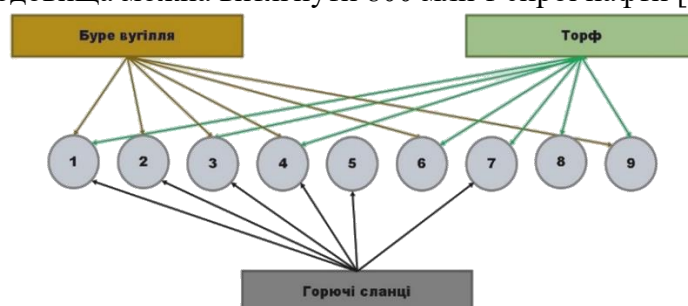


Рис. 7. Напрямки використання торфу, горючих сланців та бурого вугілля:

- 1 – Тверде паливо; 2 – рідке паливо; 3 – газове паливо; 4 – кокс, напівкокс, продукти коксування і напівкоксування; 5 – синтетичні матеріали: каучук, пластмаса, спирти, жири, азотні добрива, медикаменти; 6 – органічне добриво; 7 – будівельні матеріали; 8 – підстилка в сільському господарстві; 9 – монтанвоска

**Висновки.** У системі сталого розвитку саме енергетика виступає ключовим фактором, що здійснює безпосередній вплив на виробничі відносини будь якої держави, стан довкілля та соціальний розвиток населення держави в цілому [1]. Енергетична незалежність України – це складова енергетичної безпеки Європи і тому ця проблема потребує негайного вирішення. На сьогодні паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) України залежний від імпортованих паливно-



енергетичних ресурсів [1]. Розглянувши сучасний стан паливно-енергетичних ресурсів України, можна вважати, що вони є достатніми для повного забезпечення держави шляхом власного розвитку видобутку торфу, горючих сланців та бурого вугілля. Запропоновані енергетичні ресурси забезпечать істотне скорочення валютних витрат на купівлю імпортного газу, передбачає використання власного палива, сприяючи розвитку енергетичнодобувної галузі, впливають на паливно-енергетичний баланс України та використання трудових ресурсів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій: колективна монографія; за ред. І.О. Яснолоб, Т.О. Чайки, О.О. Горба. Полтава: Видавництво ПП «Астроя», 2019. 276 с. ISBN 978-617-7669-40-0
2. Бамбалов Н.Н. Соотношение биотических и абиотических процессов при формировании торфяных и сапропелевых обложений// Н.Н. Бамбалов// Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2013, т. 5, № 2. С.111-222.
3. Волков В.П. Управління раціональним видобуванням вугільних ресурсів України / Волков В., Горошкова Л., Хлобистов Є.//Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. – 2019. – Вип. 4 (87). – С.37-45. URI <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.06> <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/17704>
4. Гончарук І.В. Енергетична незалежність як суспільно-економічне явище. Економіка та держава. 2020. № 8. с. 71-77.
5. Горная энциклопедия. Т. 5. М.: Советская энциклопедия, 1991. С. 166 – 171тт
6. Зоркін А., Кикоть К., Москаленко Ю., Регельюк С. Зелена книга: регулювання ринку вугілля. Київ, 2019. 73 с
7. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Косов В.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей.— Мн.: Наука и техника, 1985.— 240 с.
8. Мінеральні ресурси України – Київ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. 270 с.
9. Нафтогазоносність імпактних структур України / Гол. редактор І.Д.Багрія. — Київ-Чернівці: Букрек, 2018. — 503 с.
10. Романченко В.О. Державний баланс запасів корисних копалин України на 01.01.2021 р. Вугілля. Випуск 22. книга 1. 2021.С.123.
11. Снежкін Ю. Ф., Корінчук Д.М. Торф – ефективний альтернативний вид палива. Теплофізика та теплоенергетика. 2022. Т.44. № 3. С.5-15. <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2022.1>
12. Стадник О.С., Гнеушев В.О. Збагачуваність високозольного торфу: монографія. – Рівне: НУВГП, 2019. – 163 с. ISBN 978-966-327-421-8
13. Стадник О.С., Гнеушев В.О. Використання торфових ресурсів України з урахуванням їх балансу у природі. Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції: зб. наук. праць. Київ-Рівне, 2010. Вип. XVI № 4. С. 480–488.
14. Стрижак П.Є. Перспективи гетерогенно-каталітичного виробництва синтетичного моторного палива в Україні з вітчизняної сировини [Текст]/П.Є.Стрижак//Вісник Національної академії наук України. – 2022. - № 7. – С. 26-28

## **БАЛАНС МІЖ ЕФЕКТИВНІСТЮ ТА РИЗИКАМИ У КОНТЕКСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНТЕРВАЛЬНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН**

*Олійник О.В.<sup>1</sup>, к. геол. н., orve@ukr.net;*

*Паюк С.О.<sup>2</sup>, office@dkz.gov.ua;*

*1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна*

Оптимізація інтервальності проведення геофізичних досліджень свердловин (ГДС) є ключовим фактором у забезпеченні балансу між якістю отриманих матеріалів ГДС, ефективністю спорудження свердловин та існуючими ризиками. У даній роботі детально розглядаються різноманітні аспекти, включаючи геологічні, технічні та економічні, які впливають на визначення оптимальної інтервальності проведення досліджень для східного нафтогазоносного регіону України в інтервалі 4500-6000м. Основна увага приділяється аналізу ризиків та шляхам їх мінімізації через правильне планування інтервальності ГДС. Представлені практичні рекомендації спрямовані на допомогу спеціалістам у сфері геофізичних досліджень свердловин, пошуку та розвідки нафтових і газових родовищ.

## **BALANCE BETWEEN EFFICIENCY AND RISKS IN THE CONTEXT OF OPTIMIZING INTERVALS FOR WELL LOGGING**

*Oliinyk O.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), orve@ukr.net;*

*Paiuk S.<sup>2</sup>, office@dkz.gov.ua;*

*<sup>1</sup> JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine,*

*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

Optimizing the intervals for conducting well logging (WL) is a key factor in ensuring a balance between the quality of the obtained WL materials, well construction efficiency, and existing risks. This paper thoroughly examines various aspects, including geological, technical, and economic factors, which influence the determination of optimal research intervals for the eastern oil and gas-bearing region of Ukraine within the 4500-6000m depth range. Primary attention is given to risk analysis and ways to minimize risks through proper planning of WL intervals. Presented practical recommendations aim to assist professionals in the field of well logging, exploration, and prospecting of oil and gas deposits.

### **Вступ**

**Інтервальність проведення геофізичних досліджень свердловин** — це планування періодичності каротажних робіт в певних інтервалах свердловин протягом визначеного часового проміжку. Оптимальна інтервальність повинна забезпечувати достатній обсяг даних для адекватного аналізу і, в той же час, бути обґрунтованою з точки зору економічної ефективності та безпеки проведення ГДС.

У контексті активного розвитку нафтогазової галузі України виникає потреба у дослідженні та оптимізації геологічних і економічних аспектів проведення геофізичних досліджень у свердловинах. Питання вибору оптимальної інтервальності досліджень є досить актуальним, оскільки воно впливає на безпеку, вартість та ефективність робіт.

Зокрема, збільшення інтервальності досліджень може спричинити зростання економічних ризиків через можливість пропуску потенційно продуктивних горизонтів за рахунок втрати геофізичної інформації. Також важливо враховувати безпекові ризики, які виникають через недостатність даних про геологічну будову пластів.

**Метою** даної роботи є дослідження впливу інтервальності геофізичних досліджень на геологічні та економічні ризики при роботі з нафтогазовими свердловинами, а також розробка рекомендацій щодо оптимізації цього процесу.

### **Виклад основного матеріалу**

Під час розгляду питання оптимізації інтервалів геофізичних досліджень свердловин важливо враховувати концепцію "Залізного трикутника". Ця концепція, вперше описана Meredith J. and Mantel S. у 1985 році[1], відображає взаємозв'язок між трьома ключовими факторами проєкту: якістю/обсягом робіт, часом та вартістю (рис. 1).

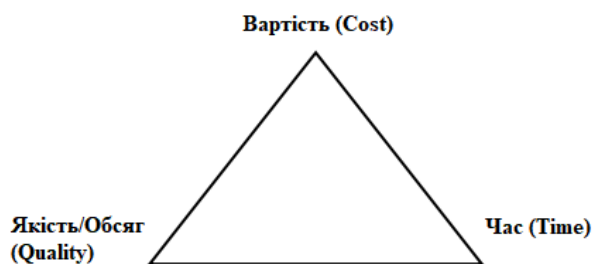


Рис. 1. «Залізний трикутник»

Дана концепція також відома як "трикутник обмежень" (Constraint Triangle). Трикутник демонструє, що якщо один з цих елементів змінюється, то це автоматично впливає на два інших елементи. Зокрема:

**Якість/Обсяг (Quality):** Якість та обсяг геофізичної інформації, отриманої в процесі дослідження, може бути вищою при детальному дослідженні з малою інтервальною. Це допомагає у визначенні петрофізичних властивостей резервуарів, зменшує ризики пропуску продуктивних пластів та підвищує шанси на якісну проводку свердловини, та отримання позитивного результату буріння.

**Час (Time):** Скорочення інтервальної геофізичних досліджень свердловин призводить до зростання загального часу на спорудження свердловини, впливаючи на загальний графік проєкту.

**Вартість (Cost):** Частіше проведення досліджень підвищує вартість будівництва свердловини через збільшення часу роботи бурової бригади та витрат на дослідження.

У контексті розглянутого питання, важливо знайти оптимальний баланс між цими факторами, щоб забезпечити економічну привабливість, безпеку та ефективність проєкту, уникнувши серйозних наслідків за рахунок зростання геологічних ризиків та фінансових втрат.

## Основні ризики, пов'язані із збільшенням інтервальної ГДС

### 1. Утворення великих зон проникнення

Довготривале буріння без проведення каротажу може призвести до формування значних зон проникнення у верхній частині розкритого та не охопленого ще геофізичними дослідженнями розрізу свердловини. Це відбувається через тривалий контакт з буровим розчином, який спотворює первинні геологічні та геофізичні характеристики горизонту дослідження[2], та створює ризик невірної оцінювання потенційних резервуарів вуглеводнів (ВВ), оскільки геофізичні дослідження здійснюються не в первинній зоні розташування ВВ, а в області, яка піддавалася впливу бурового розчину.

### 2. Втрата геофізичної інформації

Збільшення інтервальної дослідження може призвести до втрати важливих даних про структуру пустотного простору порід-колекторів та їх насичення, через неможливість використання розширеного комплексу ГДС в результаті ускладнення стовбура свердловини (зокрема, нестабільності стінок або звуження/розширення її діаметру) та недоходження геофізичних приладів до вибою. Це призводить до пропуску продуктивних пластів.

### 3. Технічні та безпекові

Збільшення інтервальної ГДС може призвести до невчасного реагування на зони з високими пластовими тисками (АВПТ), зони залягання бішофітів та інші, що впливає на безпеку при спорудженні свердловини та її подальшу експлуатацію.

### 4. Відхилення від проєктної траєкторії свердловини

Зменшення частоти проведення геофізичних досліджень може негативно вплинути на контроль траєкторії буріння свердловини через меншу кількість даних для аналізу. Це може призвести до проблем з подальшим використанням свердловини, включаючи труднощі при її проводці та експлуатації через потенційні відхилення від оптимального її профілю. Таке, відхилення може призвести до потрапляння свердловини у зону відсутності колектора, або

попадання в інший непродуктивний тектонічний блок. Проте виходом з даної ситуації може бути використання навігаційної системи контролю траєкторії свердловини.

Отже, ключовим фактором для успішного спорудження та експлуатації нафтогазових свердловин є знаходження оптимального балансу між економічними вигодами та якістю геофізичних досліджень. Необхідно обережно впроваджувати збільшення інтервальності досліджень обґрунтовано коригуючи нормативи та стандарти, щоб забезпечити надійність та точність досліджень і мінімізувати ризики.

### **Нормативна база**

На даний час інтервальність детальних геофізичних досліджень свердловин в основному регулюється СОУ 73.1-41-04.04.20:2007 «Геофізичні дослідження та роботи у нафтогазових свердловинах»[3].

Основні положення нормативного документу:

«6.3.1.8 Комплекс детальних досліджень повинен виконуватись у мінімально короткі строки після розкриття розрізу бурінням. Інтервал досліджень при цьому не повинен перевищувати значень, наведених у таблиці 6.2.

**Таблиця 6.2 – Інтервали детальних досліджень**

Глибина свердловини, м		Максимальний інтервал дослідження, м
від	до	
0	1200	400-500
1200	3000	300
3000	4000	200
4000	5000	150
Більше 5000		100

6.3.1.10 У разі розкриття цільового горизонту на новій площі вперше, а також в разі наявності ознак нафтогазоносності розбурених відкладів за даними газового каротажу, ГТД чи прямих спостережень, Замовник повинен забезпечити проведення обов'язкового комплексу ГДС у мінімально можливий строк після розкриття такого горизонту.

6.3.1.11 У передбачених зонах аномально високого пластового і порового тиску інтервали скорочуються до (50-100) м. У цьому випадку через (50-100) м виконується комплекс ГДС, передбачений методичними документами з прогнозування і оцінки аномального тиску».

В СОУ 11.2-30019775-187:2011 [4] зазначається що, періодичність, в значній мірі залежить від абразивних та механічних властивостей гірських порід, а в цілому не повинна перевищувати 10 діб.

Дана інтервальність геофізичних досліджень свердловин була обумовлена низькою швидкістю буріння через відсутність бурових верстатів з верхнім приводом, високотехнологічних доліт та сучасних бурових розчинів.

Використання сучасних технологій та матеріалів, таких як промивальні рідини з низьким рівнем інвазії, бурові верстати з верхнім приводом та новітні долота, дозволяє значно прискорити процес буріння. Це, в свою чергу, сприяє збільшенню інтервалів між геофізичними дослідженнями свердловин, оптимізуючи витрати та скорочуючи час на будівництво свердловин. Однак, необхідно підходити до цього збалансовано, оскільки існують ризики, які можуть негативно вплинути на якість досліджень та подальше використання свердловин, особливо у пошуково-розвідувальних проектах.

Зростання інтервальності ГДС може принести економічну вигоду та прискорити отримання продукції. Однак, необґрунтоване збільшення інтервальності ГДС може мати негативні наслідки.

### **Ризики пропуску потенційних продуктивних горизонтів**

**Аналіз ризиків.** Розглянемо критичний сценарій, де в ході буріння розвідувальної свердловини через невиконання детального комплексу ГДС пропущено два пропластки продуктивного горизонту.

#### **Вхідні параметри:**

- Товщина ефективних пропластка (Hef): 8 м

- Коефіцієнт пористості ( $K_p$ ): 0.09
- Коефіцієнт нафтогазоносності ( $K_{нг}$ ): 0.75
- Дебіт газу: 160 тис.м<sup>3</sup>/добу
- Пропущені запаси (категорія  $C_1+C_2$ ): 45 млн м<sup>3</sup> газу
- Вартість 1000м<sup>3</sup> газу – 400 USD

#### Фінансові наслідки:

- Втрата від пропущених запасів: 18,0 млн USD

Втрати можуть бути досить значними, досягати десятків мільйонів доларів[5], внаслідок пропуску значних запасів вуглеводнів та припинення подальшого пошуку та розвідки в даному районі. В цьому контексті додаткові витрати на буріння є незначними порівняно з потенційними втратами.

#### Орієнтовні параметри для подальших розрахунків (інтервал 4500-6000м):

1. Вартість буріння: 30,000 USD/добу
2. Швидкість буріння: 30 м/добу
3. Час на 1 спуско-підймальну операцію (СПО): 2 доби
4. Час на проведення ГДС: 1 доба
5. Час буріння інтервалу 1500м: 50 діб

Примітка: В розрахунках не враховано СПО, необхідні для заміни долота, гвинтового вибійного двигуна (ГВД) та інші технологічні процеси відповідно нормативним документам, а також вартість доліт, бурового розчину, тощо.

Таблиця 1

#### Аналіз інтервальності геофізичних досліджень (глибини 4500-6000 м)

Інтервальність дослідження ГДС (м)	Час на проведення СПО + ГДС (діб)	Загальний час будівництва інтервалу (діб)	Витрати на проходку інтервалу, (USD)	Ймовірності відкриття нового покладу при умові його наявності, %
100	45	95	2 850 000,00	98,2
300	19	65	1 950 000,00	94,0
500	9	59	1 770 000,00	90,5
750	6	56	1 680 000,00	82,5
1500	3	50	1 500 000,00	67,0

При даних умовах оптимальною інтервальністю для геофізичних досліджень є відстань від 300 до 500 м. Якщо вибрати інтервальність 300 м, це дозволить зекономити 900 000 USD (або 30 % від витрат при інтервальності 100 м), при цьому ймовірність виявлення покладу зменшиться лише на 4,2 %. Якщо ж вибрати інтервальність 500 м, економія складе 1 080 000 USD (або 36 % від витрат при інтервальності 100 м), але ймовірність виявлення покладу знизиться вже на 7,7%.

Обидві інтервальності забезпечують гарний баланс між вартістю робіт, тривалістю досліджень та ймовірністю виявлення покладу. Однак кінцевий вибір інтервальності повинен базуватися на прийнятному для компанії рівні ризику та наявних бюджетних обмеженнях.

Із наведеного вище можна дійти висновку, що для визначення оптимальної інтервальності дослідження ГДС з урахуванням швидкості буріння та максимального часу без проведення ГДС, можна використовувати наступну формулу:

$$OI_{ГДС} = (T_m - T_{СПО}) \times V_{бур}$$

де:  $OI_{ГДС}$  – оптимальна інтервальність проведення ГДС

$T_m$  – максимальний час — період без проведення ГДС, який в середньому дорівнює 10 діб [4] і повинен визначатися окремо зважаючи на взаємодії бурового розчину з типовими породами

регіону, та зокрема з урахуванням формування кірки, утворення зони проникнення та кальматації, для кожного нафтогазового регіону.

$T_{\text{спо}}$  – час на СПО — час, необхідний для проведення спуско-підйомної операції, у середньому становить 2 доби, визначається індивідуально.

$V_{\text{бур}}$  – швидкість буріння, м/добу.

Використовуючи цю формулу, можна адаптувати рекомендації до різних швидкостей буріння та особливостей конкретного нафтогазового регіону.

#### **Висновок:**

- Враховуючи "правило залізного трикутника", яке базується на збалансованому співвідношенні між часом, вартістю та якістю, оптимальною стратегією може бути зроблений вибір інтервальності ГДС, який забезпечить прийнятний баланс між вартістю дослідження, ймовірністю успіху та ризиками.
- Оптимальна інтервальність при наведених умовах буріння для глибин 4500-6000 м складає 300-500 м. Що дає можливість виконати дослідження з високим рівнем точності, при цьому уникнувши високих витрат і тривалого часу буріння, пов'язаного з 100-метровим інтервалом, а також зберігаючи прийнятний рівень ймовірності успіху порівняно з варіантами 750 м та 1500 м.
- При збільшенні чи зменшенні швидкості буріння, зміні геологічних умов та фільтраційно-ємнісних характеристик, пропонується застосовувати формулу вибору оптимальної інтервальності проведення ГДС, при умові використання додаткових лабораторних даних.

#### **Пропозиції:**

- Збалансовувати економічні переваги з ризиками і враховувати можливість пропуску продуктивних зон при визначенні параметрів інтервальності ГДС.
- Вживати заходів для отримання якісної геолого-геофізичної інформації для виявлення потенційних продуктивних колекторів.
- Провести лабораторні дослідження взаємодії бурових розчинів з породами, з урахування формування кірки, утворення зони проникнення та кальматації.
- Ініціювати внесення обґрунтованих змін у відповідні нормативні документи.
- Дотримуватися стандартів та нормативів, щоб забезпечити точність та надійність досліджень і уникнути можливих втрат.

#### **Список використаних джерел:**

1. Meredith J. and Mantel S., "Project Management: A Managerial Approach", 1985.
2. Карпенко О., Соболев В., Миронцов М., Карпенко І. Аналіз впливу геологічних чинників на глибину зони проникнення фільтрату при первинному розкритті гранулярних колекторів за даними ГДС. Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія. – 4(91). – К.: 2020. 16 – 21.
3. СОУ 73.1-41-04.04.20:2007. Геофізичні дослідження та роботи у нафтогазових свердловинах. Київ: Держгеолслужба України, 2007.
4. СОУ 11.2-30019775-187:2011 Свердловини на нафту і газ. Геофізичні дослідження та роботи в газових та нафтових свердловинах. Порядок проведення. 2011-12-21. – К.: ПАТ «Укргазвидобування» 2011.
5. Li Y., Wu X., Chen J., "Optimization of Well Placement in a Mature Reservoir Using a Novel Algorithm," Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 166, 2018, pp. 851-864.
6. ДСТУ 4011-2001. Геофізичні дослідження надр. Дослідження в свердловинах. Терміни, визначення та літерні позначення.



# ПРОЄКТ РЕКОГНОСЦІРУВАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРЯМОШУКОВИМИ МЕТОДАМИ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ БЛОКІВ ДЛЯ ПОШУКІВ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ВОДНЮ

*Якимчук М.А.<sup>1</sup>, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;*

*Корчагін І.М.<sup>2</sup>, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com,*

*1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна,*

*2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна*

Представлено проєкт рекогносцирувального обстеження території України з метою виявлення перспективних блоків та ділянок для проведення детальних пошукових робіт на нафту, газ та природний водень. Підготовлений проєкт може бути оперативно реалізований з використанням мобільної прямопошукової технології, яка включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикальне електрорезонансне зондування розрізу, а також методику інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності великих пошукових блоків і ліцензійних ділянок. Для практичної реалізації проєкту супутниковий знімок території України розбито на 180 окремих блоків (фрагментів), частотно-резонансну обробку яких доцільно проводити окремо. При обробці фрагментів знімків пропонується виконувати наступний комплекс вимірювальних процедур: а) фіксація відгуків на частотах нафти, конденсату і газу; б) реєстрація сигналів на частотах метаноокислювальних бактерій; в) встановлення наявності на глибині 57 км вулканічної структури, в якій є умови для синтезу вуглеводнів; додаткова фіксація відгуків нафти, конденсату і газу на цій глибині; г) фіксація сигналів на частотах нафти, конденсату і газу на глибинах 5, 10, 15 км з метою оцінки перспектив виявлення нафти і газу в глибинних горизонтах розрізу. Застосування мобільної та малозатратної технології дозволить значно прискорити геологорозвідувальний процес на нафту, газ та природний водень, а також зменшити фінансові витрати на його реалізацію.

# PROJECT OF UKRAINE TERRITORY RECONNAISSANCE SURVEYING BY MOBILE DIRECT-PROSPECTING METHODS IN ORDER TO DETECT BLOCKS FOR HYDROCARBONS AND HYDROGEN PROSPECTING

*Yakymchuk M. <sup>1</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;*

*Korchagin I. <sup>2</sup>, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com,*

*1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine,*

The project of the Ukraine territory reconnaissance survey with the aim of identifying promising blocks and areas for carrying out detailed prospecting for oil, gas and natural hydrogen is presented. Prepared project can be quickly implemented with using the mobile and low-cost technology, that include modified methods of frequency-resonance processing and decoding of satellite and photo images, vertical electric-resonance sounding of a cross-section, as well as a method of integrated assessment of the prospects of oil and gas potential of large prospecting blocks and license areas. For this project practical implementation, the satellite image of the of Ukraine territory is divided into 180 separate blocks (fragments), the frequency-resonance processing of which may be carried out separately. During image fragments processing, the following set of measurement procedures may be performed: a) fixation of responses at the frequencies of oil, condensate and gas; b) registration of signals at the frequencies of methane-oxidizing bacteria; c) establishing the presence of a volcanic structures in which there are conditions for the hydrocarbon's synthesis at a depth of 57 km; additional fixation of responses of oil, condensate and gas at this depth; d) fixing signals at the frequencies of oil, condensate and gas from the lower part of cross-section at depths of 5 km, 10 km, 15 km in order to assess the prospects of oil and gas discovering in the deep horizons of cross-section. The use of mobile and low-cost technology will significantly speed up the exploration process for oil, condensate, gas, natural hydrogen, as well as reduce the financial costs for its implementation.

**Вступ.** У 2019-2022 роках у різних регіонах земної кулі проведено значний об'єм експериментальних досліджень з метою апробації частотно-резонансних методів обробки та декодування супутникових знімків і фотознімків [6], а також розробки та вдосконалення методології їх практичного використання під час вирішення геолого-геофізичних задач різного характеру.

Результати апробації мобільної технології в режимі інтегральної оцінки нафтогазоносності (рудноносності) великих блоків (ліцензійних у тому числі) показали, що в

такому режимі технологія може бути використана для оперативного обстеження територій окремих країн з метою виявлення (вибору) найбільш перспективних блоків (ділянок) для проведення детальних пошукових робіт на конкретні (різні) види корисних копалин. У зв'язку з цим у 2022 році були підготовлені та запропоновані проекти рекогносцирувального обстеження територій низки країн у різних регіонах земної кулі [17]. В даній статті описано особливості проєктів рекогносцирувальних досліджень території України з метою виявлення найбільш перспективних блоків і ділянок для проведення детальних пошукових на нафту і газ, природний водень, рудні корисні копалини та воду.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням мобільної прямопошукової технології, що включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикальне електрорезонансне зондування (сканування) розрізу та методику інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудноносності) великих пошукових блоків і локальних ділянок [6]. Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, суть якої полягає в пошуку конкретної (потрібної в кожному конкретному випадку) речовини [2]. Розроблені методи засновані на стоячих електричних хвилях, відкритих Ніколою Тесла в 1899 році в глибинних горизонтах Землі [3, 4]. У модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються наявні бази даних (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід (<http://rockref.vsegei.ru/petro/>), корисних копалин та хімічних елементів. Більш детально особливості та можливості використовуваних методів, а також методика проведення інструментальних вимірювань описані в [6–15].

На відміну від класичних геофізичних методів, використовувана технологія дозволяє в кожному конкретному випадку наповнювати досліджуваний розріз присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначити в першому наближенні (і уточнювати на етапах деталізації) інтервали розрізу, перспективні на виявлення горючих і рудних корисних копалин, безпосередньо, в процесі проведення інструментальних вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими апаратурно-вимірювальними комплексами (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів інструментальних вимірювань).

Численні результати апробації та практичного застосування частотно-резонансних методів обробки супутникових знімків [6–15, 23] засвідчили, що цю супер-мобільну прямопошукову технологію можна успішно використовувати на наступних етапах геологорозвідувальних робіт на ВВ, природний водень, рудні корисні копалини і воду:

а) етап 1 (демонстраційний) – обробка супутникового знімка або фотознімка ділянки розташування відомих потенційному замовнику свердловини чи родовища для подальшої демонстрації працездатності та ефективності мобільної прямопошукової технології;

б) етап 2 (інтегральний) – детальна обробка супутникових знімків великих територій з метою визначення типів вулканічних структур, наявних у межах району обстеження, а також корисних копалин на які доцільно проводити детальні геологорозвідувальні роботи;

в) етап 3 (рекогносцирувальний) – розбивка супутникових знімків великих площ на послідовності фрагментів та їх детальна обробка з метою виявлення найбільш перспективних локальних блоків для проведення детальних пошукових робіт на шукані корисні копалини;

г) етап 4 (деталізаційний) – обробка в детальному режимі супутникових знімків найбільш перспективних локальних блоків, виявлених на попередньому етапі, з метою вибору ділянок для буріння пошукових та розвідувальних свердловин.

Зазначимо також, що в технології, що розробляється, використовується частотно-резонансний принцип реєстрації корисних сигналів [2]. Супутникові знімки чи фотознімки об'єктів дослідження, а також фотографії зразків порід, корисних копалин і хімічних елементів – це, у принципі, пучності стоячих електричних хвиль, виявлених Ніколою Тесла в 1899 р. в глибинних горизонтах Землі [3, 4].

При проведенні інструментальних вимірювань з використанням розроблених комп'ютеризованих комплексів послідовно зіставляються спектри супутникових або фотознімків об'єктів дослідження зі спектрами зразків порід, корисних копалин і хімічних елементів. У процесі зіставлення вимірювальним блоком реєструються резонанси (електромагнітні відгуки), які дозволяють зробити висновок про присутність (відсутність) конкретних порід, шуканих корисних копалин та хімічних елементів у розрізі об'єкта вивчення. Такі особливості методів обробки та декодування супутникових знімків, що розробляються, є підставою для використання термінів «частотно-резонансна технологія» («частотно-резонансні методи»).

Обробка супутникових знімків та фотознімків проводиться у лабораторних умовах, без організації та проведення польових геолого-геофізичних досліджень. Це надає можливість оперативно проводити дослідження в будь-якому регіоні земної кулі, а отже, прямопошукова технологія є супер-мобільною.

### Проекти рекогносцирувального обстеження території України

**Нафтогазовий проєкт.** Результати апробації та практичного застосування прямопошукової технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків дозволяють достатньо обґрунтовано зробити висновок, що їх цілеспрямоване використання при пошуках і розвідці родовищ нафти та газу дозволяє значно прискорити та оптимізувати геологорозвідувальний процес. Додатковим підтвердженням потенційних можливостей мобільної прямопошукової технології можна вважати оперативно проведені рекогносцирувальні дослідження територій великих блоків у різних регіонах світу (в тому числі і в Україні). З іншого боку, результати обстеження великих блоків свідчать про потенційну можливість рекогносцирувального обстеження всієї території України з метою виявлення найбільш перспективних ділянок (блоків) для проведення детальних пошукових робіт на нафту і газ.

Для практичної реалізації цього проєкту супутниковий знімок території України може бути розбитий на окремі блоки, частотно-резонансна обробка яких проводитиметься окремо. Один із можливих варіантів поділу супутникового знімка території України на окремі фрагменти наведено на рис. 1. На цьому зображенні з прямокутними контурами представлено 180 локальних фрагментів (блоків) для частотно-резонансної обробки.

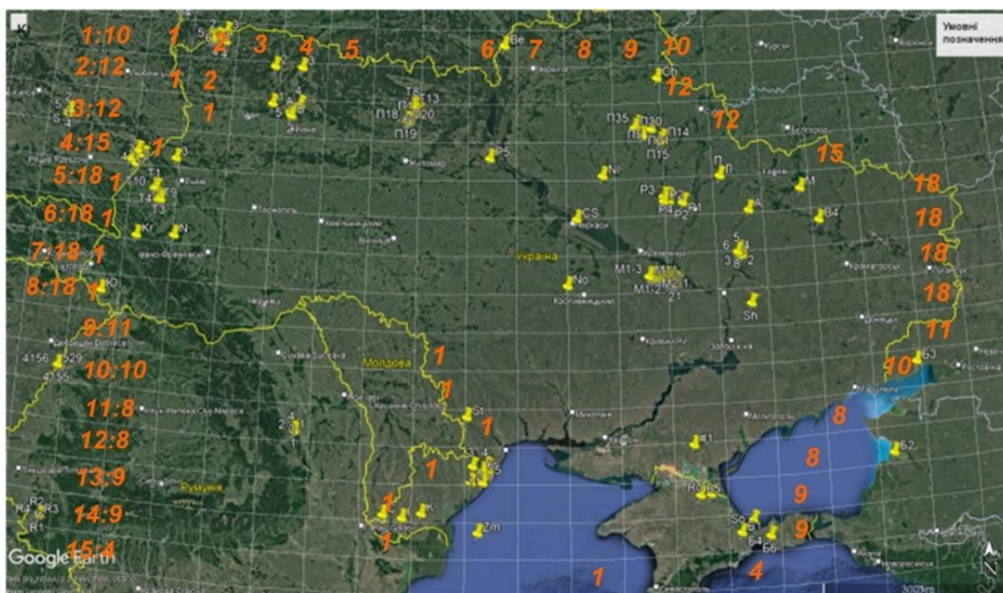


Рис. 1. Супутниковий знімок території України

Частотно-резонансну обробку всіх 180 фрагментів супутникового знімка України можна провести досить швидко. Під час обробки зображень може бути виконаний наступний комплекс вимірювальних процедур:

- а) фіксація з поверхні аномальних відгуків на частотах нафти, конденсату та газу;
- б) реєстрація сигналів на частотах метаноокислювальних бактерій (використовуються в методі мікробіологічної розвідки на нафту і газ в Компанії MicroPro GmbH, Німеччина);
- в) встановлення наявності в районі досліджень вулканічних комплексів, в межах яких на глибині 57 км є умови для синтезу вуглеводнів; додаткова фіксація відгуків на частотах нафти, конденсату і газу на цій глибині;
- г) фіксація сигналів на частотах нафти, конденсату і газу з нижньої частини розрізу на глибинах 5, 10 і 15 км з метою оцінки перспектив виявлення нафти і газу в глибинних та надглибинних горизонтах розрізу.

Перелічені процедури інструментальних вимірювань в повній мірі показали свою ефективність та інформативність під час апробації прямопошукових методів на ділянках (майданчиках) буріння пошукових свердловин на суші та шельфі в різних регіонах земної кулі та в районах розміщення базальтових вулканічних комплексів [7, 12-13, 15].

*Примітки.* Додаткові процедури інструментальних вимірювань та особливості їх проведення в рамках запропонованого проєкту можуть бути сформульовані (уточнені), якщо буде визнано доцільність його реалізації в Україні.

У межах найбільш перспективних на нафту та газ блоків, виявлених в Україні, можна також достатньо оперативно провести детальні пошукові роботи з використанням методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків. Підготовлені фрагменти супутникового знімка території України (рис. 1) можуть бути додатково оброблені в рекогносцирувальному режимі в рамках окремих проєктів з метою виявлення блоків, перспективних для проведення детальних пошукових робіт на: а) природний водень; б) рудні корисні копалини; в) воду.

**Водневий проєкт.** При частотно-резонансній обробці кожного фрагмента зображення території України в рекогносцирувальному режимі з метою пошуків скупчень природного водню окремо може бути виконаний обмежений набір інструментальних вимірювань наступного характеру: а) процедура реєстрації сигналів (відгуків) на частотах 6-ої групи магматичних порід (базальти); б) процедура визначення глибини залягання кореня базальтового вулканічного комплексу (у разі фіксації відгуків з поверхні на частотах базальтів); в) процедури фіксації сигналів (відгуків) на частотах водню, фосфору (червоний) і водневих бактерій; г) інструментальні вимірювання для підтвердження (або встановлення відсутності) міграції водню в атмосферу.

Доцільність проведення переліченого комплексу процедур інструментальних вимірювань під час досліджень зумовлена результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах земної кулі. Матеріали численних досліджень дозволяють стверджувати наступне: а) під час інструментальних вимірювань в межах базальтових вулканічних комплексів практично повсюдно реєструються відгуки на частотах водню; б) червоний фосфор практично завжди присутній в базальтових вулканах; в) водневі бактерії створюють свої колонії у верхній частині розрізу на ділянках міграції водню в атмосферу.

Для реалізації другого етапу проєкту необхідно щоб виконувалися дві умови. По-перше, в межах хоча б одного обстеженого фрагмента території були виявлені базальтові вулканічні комплекси з воднем та зареєстровані відгуки на частотах червоного фосфору і водневих бактерій. Подальше продовження досліджень у межах перспективного блоку (блоків) можливе лише за участі хоча б однієї української (або іноземної) компанії в реалізації «проєкту».

На другому етапі реалізації проєкту в межах перспективного блоку можуть бути проведені дослідження наступного характеру:

- а) проводиться частотно-резонансна обробка супутникового знімка блоку в детальному режимі з метою локалізації ділянок (зон) розташування базальтових вулканів та вибору найбільш перспективних ділянок для буріння розвідувальних свердловин на водень;

б) в контурах найбільш перспективних локальних зон виконується детальне сканування розрізу з метою визначення глибин і товщин резервуарів з воднем в розрізі над базальтами, а також безпосередньо в базальтах;

в) в межах перспективних локальних зон шляхом детального сканування також визначаються глибини і потужності колекторів з живою (цілющою) водою, та досліджуються лікувальні властивості живої води у виявлених колекторах розрізу.

За результатами детальної обробки супутникового знімка перспективного блоку приймається рішення про буріння пошукових свердловин на найбільш перспективних локальних ділянках. На початковій стадії буріння свердловини можуть проєктуватися для дослідження колекторів з воднем у верхніх горизонтах розрізу. Під час буріння також можна також досліджувати колектори з живою водою. За результатами буріння перших свердловин можна прийняти рішення про наступні етапи досліджень для подальшої реалізації «проєкту».

**Короткі коментарі та висновки.** Ще раз зазначимо, що обробка супутникових знімків і фотографій здійснюється в лабораторних умовах, без організації та проведення польових геолого-геофізичних досліджень. У зв'язку з цією особливістю технології запропоновані проєкти рекогносцирувального обстеження території України (включаючи ділянки в межах економічної зони Чорного та Азовського морів) з метою виявлення найбільш перспективних блоків для детальних пошукових робіт на вуглеводні і природний водень можна реалізувати за дуже короткий час. Зрештою, це значно прискорить геологорозвідувальні роботи на нафту, газ, водень в Україні, а також скоротить фінансові витрати на їх проведення.

Для додаткової демонстрації оперативності та ефективності мобільної технології звернемо увагу на наступне. Польові роботи вздовж сейсмічного профілю SHIELD'21 проведено у 2021 р. А перші результати обробки сейсмічних матеріалів опубліковано на початку 2023 р. [16]. Результати обробки супутникових знімків 28 площ вздовж профілю опубліковані в 2021 [14]. Додамо до цього, що матеріали частотно-резонансної обробки супутникових знімків окремих ділянок (площ) уздовж профілю, можуть бути використані надалі при геолого-геофізичній інтерпретації сейсмічних матеріалів (хвильових полів).

Оперативно проведеними експериментальними дослідженнями рекогносцирувального характеру поповнено базу фактів (свідчень) на користь «вулканічної» моделі формування структурних елементів та зовнішнього вигляду Землі, планет та супутників Сонячної системи, а також родовищ вуглеводнів, рудних корисних копалин та води. На всіх обстежених ділянках у різних регіонах (на території України в тому числі) виявлено вулканічні комплекси (глибинні канали міграції хімічних елементів, флюїдів та мінеральної речовини), заповнені різними групами осадових, метаморфічних та магматичних порід.

Доцільно відзначити також у зв'язку з цим, що на користь вулканічної моделі свідчать також опубліковані матеріали про виявлення десятків тисяч вулканічних комплексів (структур) різного типу на Землі, Венері та Марсі. Вулканічна модель формування структурних елементів повною мірою укладається в рамки концепції ростучої Землі. Під час проведення масштабної апробації прямопошукової технології у різних регіонах світу виявлено не одну сотню вулканічних структур, заповнених осадовими, метаморфічними та магматичними породами різного типу. Вулканічні структури закартовані також на деяких планетах та супутниках Сонячної системи.

Можливість обстежити в стислі терміни значну кількість локальних ділянок та блоків уздовж профілів, а також у районах розташування родовищ ВВ та пошукових площ надають змогу апробовані процедури інтегральної оцінки значень параметрів розрізу (усереднених значень глибин залягання та товщин порід різного типу і корисних копалин) у межах досить великих ділянок та площ обстеження. Використання цих процедур під час проведення експериментальних робіт суттєво скорочує витрати часу на проведення досліджень.

У процесі виконання експериментальних робіт з використанням методів обробки супутникових знімків та фотознімків отримано додаткові факти (свідчення) на користь глибинної (абіогенної) теорії генезису нафти, конденсату та газу [11] в процесі водневої дегазації Землі [1, 5]. На даний момент більшість фахівців керуються у своїй практичній діяльності

принципами та положеннями біогенної теорії генезису вуглеводнів. З цієї позиції оцінки обсягів метану та вуглекислого газу, які мігрує в атмосферу планети, можуть бути суттєво занижені. Численні факти фіксації сигналів (відгуків) від нафти, конденсату та газу на межах їх синтезу 11 км, 57 км у різних регіонах світу дозволяють стверджувати про міграцію абіогенного метану в атмосферу Землі у колосальних обсягах!

На багатьох площах та локальних ділянках обстеження проводилося додаткове відпрацювання методичних прийомів виявлення та локалізації за результатами частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотографій зон, у межах яких здійснюється міграція газу, фосфору, вуглекислого газу та водню у поверхневі горизонти розрізу та атмосферу. Ця методика може використовуватися надалі при проведенні досліджень з метою виявлення та локалізації на родовищах вуглеводнів та пошукових площах локальних зон міграції метану та водню в атмосферу.

Технологія в цілому, а також її окремі методи доцільно використовувати для попередньої оцінки перспектив нафтогазоносності малорозвіданих і нерозвіданих пошукових блоків і локальних ділянок. Застосування технології може дати значний ефект при пошуках промислових скупчень вуглеводнів у нетрадиційних колекторах (зокрема в зонах поширення сланців, вугленосних пластів, кристалічних порід). Своєчасне проведення додаткових досліджень прямопошуковими методами на локальних ділянках пошукових і розвідувальних свердловин сприятиме підвищенню успішності буріння. Закладка свердловин на ділянках, де розташовані канали вертикальної міграції флюїдів, може призвести до збільшення припливів вуглеводнів. Мобільні технології також можна успішно використовувати під час розвідки маловивчених ділянок і блоків у межах відомих родовищ нафти і газу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Багдасарова М.В. Дегазация Земли – глобальный процесс, формирующий флюидогенные полезные ископаемые (в том числе месторождения нефти и газа). Электронный журнал «Глубинная нефть». 2014. №10. С.1621-1644.
2. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков. Геоинформатика. 2010. № 3. С. 22-43.
3. Тесла Н. Патенты. – Самара: Издательский дом «Агни», 2009. – 496 с.
4. Тесла Н. Статьи. – Самара: Издательский дом «Агни», Москва: Издательский дом «Русская Панорама», 2010. - 584 с.
5. Шестопапов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли. Киев, тов. «БАДАТА-Интек сервис». 2018. 632 с.
6. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5-27.
7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоинформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоинформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоинформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоинформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.
8. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Украинский щит: новые данные о глубинном строении и перспективах обнаружения залежей нефти, газоконденсата, газа и водорода. Геоинформатика. 2019. № 2. С. 5-18.
9. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности отдельных блоков Украинского щита по результатам частотно-резонансного зондирования разреза. Геоинформатика. 2019. № 3. С. 5-18.



10. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Янушкевич К.П. Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности Карпатского региона по результатам частотно-резонансного зондирования разреза. *Геоінформатика*. 2020. № 2. С. 50-68.
11. Якимчук М.А., Корчагин І.М. Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2020. № 9. С. 55—62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>
12. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Аprobация прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на известных месторождениях углеводородов в различных регионах. *Геоінформатика*. 2020. № 2. С. 3-38.
13. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения крупных зон водородной дегазации в различных регионах земного шара по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. *Геоінформатика*. 2021. № 1-2. С. 3-42.
14. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. О перспективах использования технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ при проведении профильных геоэлектрических и сейсмических исследований. *Геоінформатика*. 2021. № 3-4. С. 18-50.
15. Микола Якимчук, Ігнат Корчагин, Сергій Левашов, Валерій Соловійов. Вулканізм і процеси дегазації в структурах полярних регіонів Землі (огляд за результатами частотно-резонансних досліджень). Dodo Books Indian Ocean Ltd. And OmniScriptum S.R.L Publishing group. 2022. 276 с. ISBN: 978-620-0-63606-5 <https://morebooks.de/shop-ui/shop/search?q=978-620-0-63606-5&page=1>
16. 20. Starostenko V., Janik T., Czuba W., Środa P., Murovskaya A., Yegorova T., Verpakhovska O., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Amashukeli T., Legostaeva O., Gryn D., Chulkov S. The SHIELD'21 deep seismic experiment. *Геофизический журнал*. 2023. Т. 45, № 1. С. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.24028/gj.v45i1.275126>
17. 22. Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin. Projects of European countries territories reconnaissance survey by direct-prospecting methods in order to identify promising areas for oil and gas detailed exploration. Publisher.agency: Proceedings of the 2nd International Scientific Conference «World Scientific Reports» (March 16-17, 2023). Paris, France, 2023. P. 336-360. ISBN 978-1-8628-5741-4 DOI 10.5281/zenodo.7750877 <https://ojs.publisher.agency/index.php/WSR/issue/view/22>

## ВПЛИВ ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ НА ОБСЯГИ ВИДОБУТОГО КОНДЕНСАТУ

*Багнюк М., к. геол. н, bagnyuk.unga@i.ua;  
Дмишко О., oleksandra.dmyshko@ugv.com.ua,  
Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна*

На прикладі контрольного вивчення конденсатності пластового газу покладу ІІ склепіння Штормового родовища досліджено вплив зниження пластового тиску, просторового положення інтервалу перфорації та структури порового простору на величину нерозчинного залишку конденсату у видобувному газі. В результаті встановлено, що максимальний вплив на формування величини нерозчинного залишкового конденсату у видобувному газі має структура порового простору. За поточних баричних умов у покладі між тисками початку і максимальної конденсації фракції  $C_{5+}$  за досліджений період часу нерозчинний залишок конденсату приймав значення від 1,46-23,0 г/м<sup>3</sup>. Його наявність у видобувному газі необхідно враховувати в процесі прогнозування видобутку на перспективу.

## THE IMPACT OF FILTRATION AND CAPACITANCE PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS ON THE VOLUMES OF PRODUCED CONDENSATE

*Bahniuk M., PhD (Geology), bagnyuk.unga@i.ua,  
Dmyshko O., oleksandra.dmyshko@ugv.com.ua,  
Lviv Branch Ukrainian Research Institute of Natural Gas, Lviv, Ukraine*

On the example of a control research of condensability of reservoir gas in the II arch of the Shtormove deposit, it was investigated the influence of the decrease in reservoir pressure, the spatial position of the perforation interval and the pore space structure on the amount of insoluble condensate residue in the produced gas. As a result, it was found that the maximum impact on the formation of the amount of insoluble residual condensate in the produced gas has the maximum influence on the pore space structure. Under the current baric conditions in the reservoir between the pressures of the beginning and maximum condensation of the  $C_{5+}$  fraction over the studied period of time, the insoluble condensate residue took values from 1.46-23.0 g/m<sup>3</sup>. Its presence in the produced gas should be taken into account in the process of forecasting production for the future.

Повнота обліку корисних копалин Державним балансом в певній мірі забезпечує незалежність країни від їх імпорту. Це зокрема стосується рідких вуглеводнів які Україна споживає більше, ніж виробляє. В балансі первинних джерел енергії на нафту і природний газ в нашій країні припадає близько 60%, що на 4,5% більше ніж в середньому по світу [1]. За останній період часу в Україні не відкривається достатньої кількості родовищ, промислове освоєння яких істотно б збільшило об'єми видобутку вуглеводнів. В певній мірі їх збільшення можливе за рахунок врахування поточних показників розробки родовищ.

Згідно з сучасними нормативними документами, якими регламентовано підрахунок запасів вуглеводневого конденсату, останній обліковується на основі експериментальних досліджень пластового газу в термобаричних умовах залягання газоконденсатних покладів [2]. Загалом одержані результати досліджень, за вказаною методикою, підтверджувалися практикою розробки газоконденсатних покладів, породи-колектори яких характеризувалися середніми і високими величинами пористості. Проте історія розробки газоконденсатних покладів з низькою відкритою пористістю порід колекторів та природною тріщинуватістю показує, що поточний вміст конденсату для таких об'єктів не відповідає такому, котрий визначений експериментальним шляхом. Різниця між вмістом конденсату визначеним за результатами первинних і поточних досліджень з'являлася після певного зниження пластового тиску і зростала з наближенням до тиску максимального випадіння конденсату. Такий висновок базується на поточних дослідженнях пластового газу Штормового газоконденсатного родовища.

Штормове газоконденсатне родовище розташоване в центральній частині північно-західного шельфу Чорного моря [3]. Поклади приурочені до антиклінальної структури субширотного простягання розміром 13×3 км, яка ускладнена чотирма локальними склепіннями. Основним за запасами вуглеводнів є поклад другого склепіння. В ньому зосереджено близько 80 % запасів вуглеводнів родовища. Промислові припливи пластового газу одержали з відкладів

нижнього палеоцену. Вказані породи характеризуються неоднорідністю як по вертикалі, так і по латералі, внаслідок нерівномірного прояву процесі кристалізації, вилугування та тріщинуватості. Пластовий газ покладу другого склепіння за результатами первинних досліджень характеризується початковим вмістом конденсату  $135,09 \text{ г/м}^3$  в розрахунку на сухий газ. При початкових термобаричних умовах ( $p_{\text{пл}} = 25,6 \text{ МПа}$ ,  $T_{\text{пл}} = 353,2 \text{ К}$ ) пластовий вуглеводневий флюїд знаходився в однофазовому газовому стані. Початок конденсації важких вуглеводнів фракції  $C_{5+}$  зафіксовано при тиску  $20,21 \text{ МПа}$ . Максимальні обсяги випадання конденсату прогнозуються при тиску  $5 \text{ МПа}$ . Кінцеві його пластові втрати встановлені на рівні  $36,3 \text{ г/м}^3$ , коефіцієнт конденсатовилучення –  $0,731$ .

Вивчення розробкою газоконденсатного покладу другого склепіння започатковано з грудня 1993 року. Перші контрольні дослідження конденсатності пластових газів були виконані у 2000 році. Фазовий стан видобувного газу за поточних баричних умов у покладі вивчено з свердловин 9, 11, 15, 17. На той час на контурі живлення депресійних ліжок вказаних свердловин пластовий тиск знаходився в межах від  $20,10$  до  $20,76 \text{ МПа}$ . Відповідно з наближенням до джерела стоку його значення було значно менше від тиску початку конденсації фракції  $C_{5+}$ . Пересічно депресія на пласт у свердловинах 9, 11, 15, 17 була близькою до  $30 \%$  від поточного значення пластового тиску. Відповідно в депресійних ліжках важкі вуглеводні фракції  $C_{5+}$  переходили у рідкий стан. В процесі досліджень рекомбінованих проб видобувного газу на установці фазової рівноваги встановлено мізерні кількості нерозчиненого конденсату. Тобто уже тоді конденсат, що випав фільтрувався до вибою видобувних свердловин.

Контрольні дослідження пластового газу з видобувних свердловин на постійній основі проводили з 2004 року. Їх кількість в кожному році становила дві одиниці, винятком є 2008 р. коли досліджено три свердловини. Розташування свердловин для досліджень вибиралось таким чином, щоб охопити різні ділянки і глибини покладу (рис. 1). Геолого-промислова характеристика свердловин і одержані результати досліджень наведені в табл. 1. Їх взято зі звітів авторського нагляду за розробкою Штормового ГКР [4, 5, 6, 7]. Аналіз величин дебітів газу і швидкостей на вході в НКТ показує, що немає причин сумніватися в якості відібраних проб газу сепарації і сирого конденсату. Притаманні під час промислових досліджень дебіти газу і швидкості потоку суміші вуглеводнів на вході в НКТ змінювалися в межах від  $48,36$  до  $167,60$  тис  $\text{м}^3/\text{добу}$  та від  $1,32$  до  $9,1 \text{ м/с}$  відповідно. Таким чином було забезпечено повне осушення вибою свердловин.

Вважаємо, що основними факторами які впливають на величину нерозчинного залишку конденсату у видобувному газі можуть бути зниження пластового тиску, просторове положення інтервалу перфорації у межах покладу та структура порового простору. Вплив зниження пластового тиску можливо прослідкувати за результатами досліджень свердловин 16, 29, 33. У першій з них за величин пластового тиску  $17,31 \text{ МПа}$ ,  $15,92 \text{ МПа}$ ,  $15,17 \text{ МПа}$  нерозчинний залишок становив  $3,75 \text{ г/м}^3$ ,  $3,20 \text{ г/м}^3$ ,  $5,27 \text{ г/м}^3$  відповідно. Пластовий газ зі свердловини 29 досліджено за поточних тисків  $17,74 \text{ МПа}$  і  $15,87 \text{ МПа}$  у результаті зафіксовано практично однакову величину нерозчинного залишку конденсату  $14,00 \text{ г/м}^3$  і  $13,44 \text{ г/м}^3$ . У свердловині 33 за більш суттєвої різниці між пластовими тисками ( $19,20 \text{ МПа}$  і  $16,12 \text{ МПа}$ ) нерозчинний залишок приймав значення  $5,92 \text{ г/м}^3$  і  $4,80 \text{ г/м}^3$ . З наведеної інформації видно, що зниження тиску не має (св. 29, 33) або має (св. 16) дуже слабкий вплив на зміну величини нерозчинного залишку конденсату у видобувному газі.

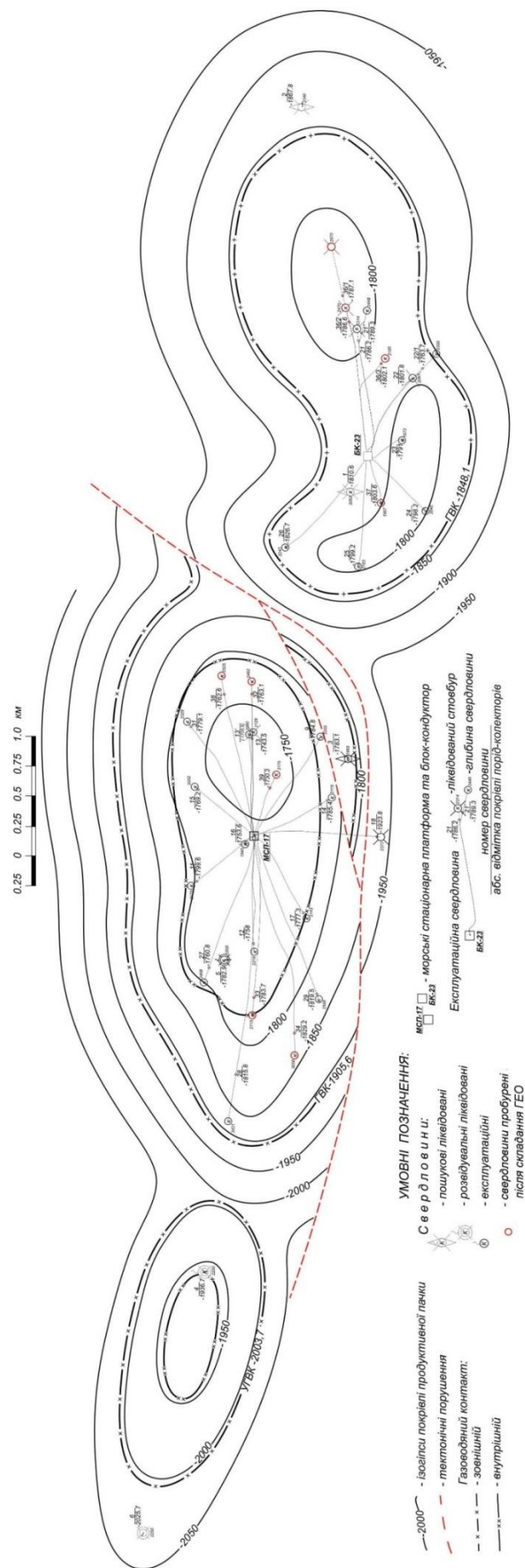


Рис. 1. Структурна карта покрівлі колекторів нижнього палеоцену Штормового ГКР

Таблиця 1

## Геолого-промислова характеристика свердловин в яких проводили контрольні дослідження пластового газу на конденсатність

Роки	Номер свердловини	Інтервал перфорації абс. відмітка, м	Поточний пластовий тиск, МПа	Коефіцієнт пористості, %	Газонасичена товщина, м	Коефіцієнт газонасичення, ч.од.	Коефіцієнт водонасичення, ч.од.	Дебіт газу, тис. м <sup>3</sup> /добу	Швидкість на вхіді в НКТ під час досліджень, м/с	Нерозчинний залишок, г/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2004	14	1998-2059 -1787,3-1843,6	18,19	20,5	50,6	0,73	0,27	140,80	5,7	8,0
	28	3277-3431 -1809,1-1846,8	19,78	20,7	48,0	0,76	0,24	126,40	3,35	23,0
2005	16	1790-1855 -1763-1828	17,31	22,7	52,9	0,81	0,19	119,86	5,20	3,75
	29	2529-2598 -1809,5-1860,4	17,74	20,5	61,0	0,83	0,17	59,43	4,28	14,0
2006	32	2335-2492	16,90	23,0	82,0	0,87	0,13	73,60	1,56	1,46
	33	2543-2715	19,20	21,5	84,0	0,82	0,18	56,20	1,32	5,92
2007	16	1790-1855 -1763-1828	15,92	22,7	52,9	0,81	0,19	112,20	2,07	3,2
	33	2543-2715	16,12	21,5	84,0	0,82	0,18	167,60	3,23	4,8
2008	11	1965-2005 -1803-1837,1	15,17	20,3	31,1	0,71	0,29	101,53	6,28	6,44
	16	1790-1855 -1763-1828	15,17	22,7	52,9	0,81	0,19	113,88	7,03	5,27
2009	29	2529-2598 -1809,5-1860,4	15,87	20,5	61,0	0,83	0,17	48,36	3,08	13,44
	34	2850-3030	16,78	20,6	60,0	0,85	0,15	163,93	7,58	13,77
	38	2341,5-2525	14,32	22,2	83,0	0,83	0,17	155,50	9,10	6,52

У досліджених свердловинах верхня частина покладу розкрита у св. 16, дещо нижче знаходяться інтервали перфорації у св. 11 і 14, максимальні абсолютні відмітки характерні для св. 28 і 29. Аналіз величин нерозчинного залишку конденсату показує, що він має тенденцію до зростання з 3,2 г/м<sup>3</sup> до 23,0 г/м<sup>3</sup> по мірі наближення нижніх дір перфорації до відмітки газоводяного контакту. Варто нагадати, що конденсатна характеристика пластового газу встановлена за результатами дослідження свердловини 12, у якій абсолютні відмітки інтервалу перфорації становлять (-)1758 – (-)1831,8 м. Тобто нерозчинний залишок конденсату у видобувному газі з свердловин якими розкрито низи покладу можливо формувався за рахунок диференціації компонентного складу пластового газу на різних глибинах покладу.

Спостерігається також залежність величини нерозчинного залишку конденсату від середньозваженого значення пористості в інтервалах перфорації досліджених свердловин. Для геологічних розрізів з пористістю більше 22% пересічно характерні малі величини нерозчинного залишку конденсату. Його значення, за досліджений період часу, знаходилося в межах від 1,46 г/м<sup>3</sup> (св. 32 пористість 23,0 %) до 6,52 г/м<sup>3</sup> (св. 38, пористість 22,2 %). Для свердловин з середньою пористістю близькою до 20,5 % нерозчинний залишок приймав значення від 13,44 г/м<sup>3</sup> до 23,0 г/м<sup>3</sup>. Винятком є свердловини 11 і 14, у яких він дорівнював 6,44 г/м<sup>3</sup> і 8,0 г/м<sup>3</sup> за середньої пористості 20,3 % і 20,5 % відповідно. Для більш детального аналізу впливу пустотного простору на зміну величини нерозчинного залишку конденсату у видобувному газі розглянемо структуру пористого середовища порід-колекторів.

Відкрита пористість, ефективна газонасичена товщина та газонасиченість розкритих розрізів визначені за результатами геофізичних досліджень свердловин (ГДС) наведені в табл. 2 [8]. Аналіз вказаної інформації показує, що характерною особливістю для порід продуктивної товщі є максимальні величини пористості пластів у покрівельній частині покладів та її зменшення по мірі наближення до ГВК. Необхідно відзначити, що деяким винятком є продуктивна товща свердловини 3, у якій є два інтервали глибин залягання газонасичених пластів, що характеризуються зменшенням пористості. Різниця між максимальним і мінімальним значенням відкритої пористості у розрізах свердловин становить до 7 %.

**Таблиця 2**

**Параметри продуктивних пластів Штормового газоконденсатного родовища за результатами інтерпретації ГДС**

Інтервал пласта, м	Загальна товщина, м	Ефективна товщина, м	Пористість, %	Газонасиченість, %	Примітка
1	2	3	4	5	6
Св. №3					
1808.0-1827.2	19.2	15.0	24.0	79.0	газ.
1827.2-1831.6	4.4	3.6	20.0	68.0	-"
1831.6-1844.0	12.4	12.0	21.0	71.0	-"
1844.0-1852.6	8.6	8.0	22.0	78.0	-"
1852.6-1862.8	10.2	8.8	22.0	79.0	-"
1862.8-1869.4	6.6	6.2	24.0	73.0	-"
1878.4-1887.2	8.8	5.6	25.0	68.0	-"
1887.2-1898.8	11.6	8.6	20.0	61.0	-"
1898.8-1914.4	15.6	10.6	17.0	59.0	-"
1914.4-1920.4	6.0	5.6	17.0	59.0	-"
1920.4-1928.0	7.6	3.2	17.0	50.0	-"
1928.0-1932.4	4.4	2.2	17.0	46.0	-"
Св. № 5					
1808.0-1822.2	14.2	12.0	26.0	76.0	газ.
1822.2-1831.2	9.0	7.2	23.0	79.0	-"
1831.2-1846.8	15.6	14.6	24.0	82.0	-"
1846.8-1852.4	5.6	5.6	18.0	76.0	-"
1857.0-1871.0	14.0	13.0	25.0	82.0	-"

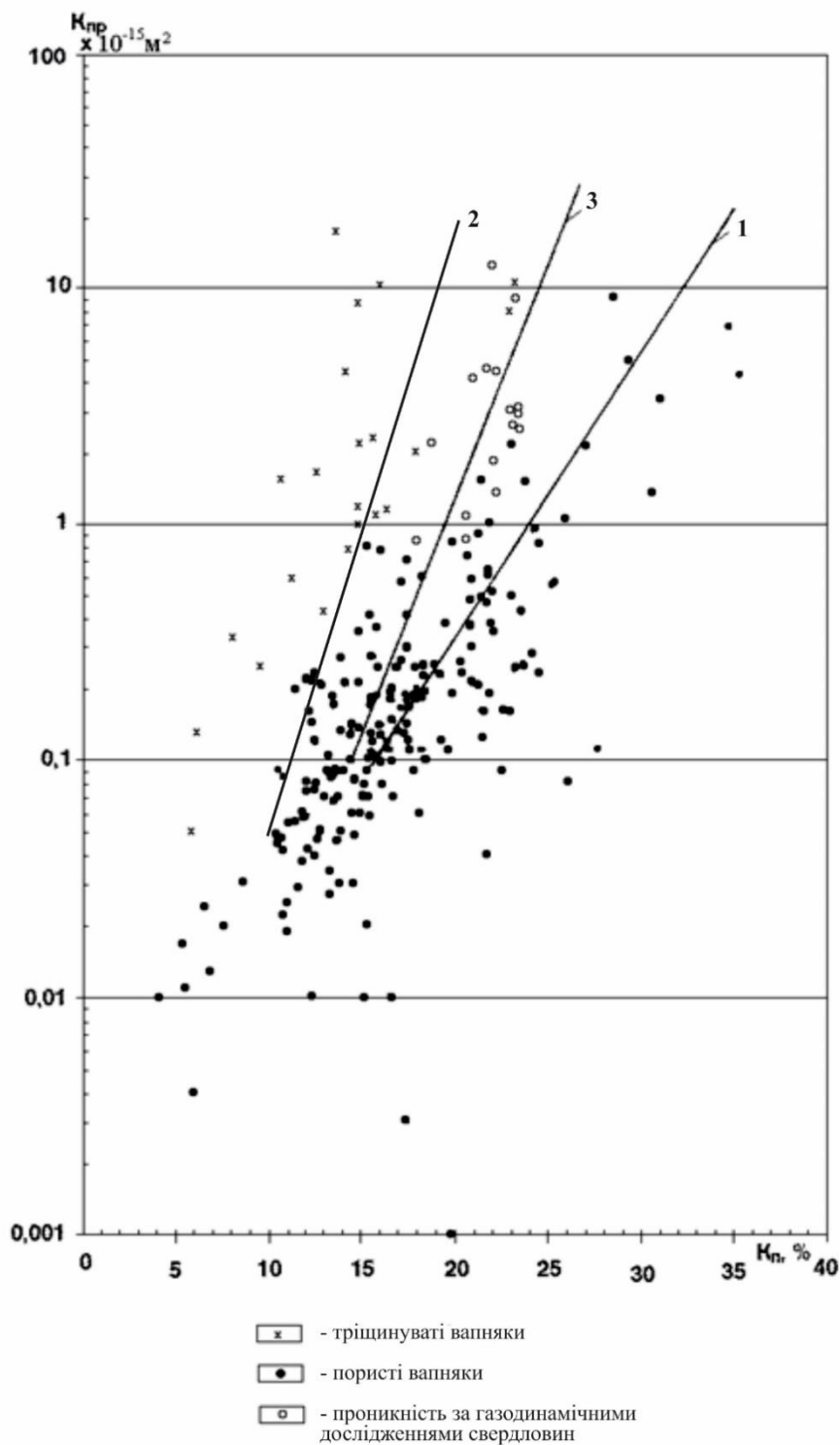


1	2	3	4	5	6
1871.0-1900.4	29.4	26.2	20.0	64.0	-"
1900.4-1909.0	8.6	7.0	20.0	64.0	-"
1909.0-1912.0	3.0	3.0	20.0	48.0	-"
1912.0-1926.7	14.7		16.0	38.0	сл. газ.
Св. № 16					
1783.0-1801.6	18.6	15.8	24.0	85.0	газ.
1801.6-1824.4	22.8	16.4	21.0	77.0	-"
1824.4-1843.0	18.6	17.8	23.0	83.0	-"
1843.0-1851.0	8.0	8.0	24.0	82.0	-"
1856.0-1868.8	12.8	9.0	21.0	72.0	-"
1868.8-1879.6	10.8	6.4	20.0	71.0	-"
1879.6-1882.0	2.4	2.4	18.0	52.0	-"
1901.2-1912.0	10.8	9.0	17.0	53.0	-"
1912.0-1916.0	4.0	1.8	20.0	38.0	-"

Продуктивна товща Штормового ГКР представлена керном з шести свердловин 1, 2, 3, 4, 5, 16. Згідно з одержаними результатами літологічно нижньопалеоценові відклади складені вапняками пелітоморфними, сірими, місцями з зеленуватим або коричнюватим відтінком, щільними. Іноді зустрічається плямиста текстура або чергування світлих та більш темних (за рахунок глинистості) різновидів. Зустрічаються вапняки кристалічні, масивні, окремілі, місцями з лінзовидними включеннями чорного кременю. У шліфах спостерігаються розвинуті тріщини вертикального і субвертикального спрямування та під кутами 30° – 60° до шаруватості. Вони частково заповнені кальцитом, в якому зафіксовані бульбашки газу. Під час мікроскопічного дослідження вапняків також виявлено численні пори та каверни вилугування розміром 0,05-0,2 мм. Отже, за результатами вивчення шліфів можна зробити висновок, що пустотний простір нижньопалеоценових відкладів представлений порами, кавернами та відкритими мікротріщинами. Найбільш характерним явище тріщинуватості є для покрівельної частини покладу другого склепіння.

Природня тріщинуватість порід продуктивної товщі також підтверджена в процесі визначення проникності кернового матеріалу та газодинамічними дослідженнями свердловин (ГДДС) методом усталених припливів. Результати вказаних робіт наведені на рис. 2. На координатній площині зображені залежності абсолютної проникності від відкритої пористості для монолітних (лінія 1) та тріщинуватих (лінія 2) зразків керна. Лінія 3 характеризує фазову проникність привибійної зони свердловин, яку визначали за результатами первинних газодинамічних досліджень свердловин (ГДДС) методом усталеної фільтрації. Вона займає середнє положення між двома попередніми і таким чином підтверджує тріщинну проникність порід-колекторів. За відсутності останньої залежності фазової проникності від пористості була б розташована нижче лінії 1.

Складна структура порового простору обумовлена пластами з різними ємнісними властивостями порід-колекторів і наявністю природньої тріщинуватості сприяє нерівномірному зниженню тиску у геологічному розрізі покладу. В результаті конденсат, що випав по тріщинах фільтрується до вибою видобувних свердловин. Частково він стає рухомих внаслідок формування критичного рідинонасичення порового простору (залишкова вода плюс конденсат, що випав більше 50%) в результаті фазова проникність для нього стає відмінною від нуля. Не виключено також, що за певних баричних умов в покладі до дренажу залучаються його низькопроникні ділянки, які насичені пластовим газом первинного компонентного складу. Як наслідок у видобувному газі формується певна величина нерозчинного залишку конденсату. Чисельно за досліджений період часу вона знаходилася в межах від 1,46 г/м<sup>3</sup> до 23,0 г/м<sup>3</sup>. Наявність у видобувному газі нерозчинного залишку конденсату обов'язково необхідно враховувати у процесі прогнозування його видобутку на перспективу.



**Рис. 2. Зв'язок смісних та фільтраційних властивостей порід-колекторів палеоценових відкладів Штормового ГКР: 1 – для пористих вапняків; 2 – для тріщинуватих вапняків; 3 – за результатами газодинамічних досліджень свердловин**

#### **Список використаних джерел:**

1. Гришаненко В.П., Зарубін Ю.О., Дорошенко В.М., Гунда М.В., Прокопів В.Й., Бойко В.С., Швидкий О.А., Цехановська М., Сух П., Тичковська Г. Наукові основи вдосконалення систем розробки родовищ нафти і газу. – Київ. ДП «Науканафтогаз» НАК «Нафтогаз України». 2014 – 456 с.

2. Дослідження пластових газоконденсатних систем під час геолого-економічної оцінки покладів (родовищ). Методичні вказівки. В.О. Федішин, Я.А. Пилип, М.М Багнюк та ін. – Львів. ЛВ УкрДГРІ. 2006 – 65 с.

3. Лазарук Я.Г. (відп. вик.). Геолого-економічна оцінка Штормового газоконденсатного родовища. АР Крим. Звіт про НДР в 5 книгах за дог. 839. ЛВ УкрДГРІ, м. Львів, 2001 р.

4. Багнюк М.М. (відп. вик.) Авторський нагляд і аналіз поточного стану розробки Штормового газоконденсатного та Північно-Булганацького газового родовищ. Звіт про НДР в 1 книзі за дог. 831. ЛВ УкрДГРІ, м. Львів, 2004 рік.

5. Багнюк М.М. (відп. вик.) Авторський нагляд і аналіз поточного стану розробки Штормового газоконденсатного та Північно-Булганацького газового родовищ. Звіт про НДР в 1 книзі за дог. 846. ЛВ УкрДГРІ, м. Львів, 2005 рік.

6. Багнюк М.М. (відп. вик.) Авторський нагляд і аналіз поточного стану розробки Штормового газоконденсатного та Північно-Булганацького газового родовищ. Звіт про НДР в 1 книзі за дог. 865. ЛВ УкрДГРІ, м. Львів, 2007 рік.

7. Багнюк М.М. (відп. вик.) Авторський нагляд і аналіз поточного стану розробки Штормового газоконденсатного родовища. Звіт про НДР в 1 книзі за дог. 826. ЛВ УкрДГРІ, м. Львів, 2010 рік.

8. Багнюк М.М., Владика В.М., Дмишко О.О., Козак Л.М. Особливості системи розробки Штормового ГКР. Тези доповіді Східноєвропейської конференції SPE з геології та розробки 23-24 листопада 2021 р., м. Київ, Україна

## **МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННА БАЗА ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ – ОСНОВА РЕНТАБЕЛЬНОГО РОЗВИТКУ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ**

**Жикаляк М.В.<sup>1</sup>**, д. екон. н., к. геол. н., *dongeo@ukr.net*;

**Бондар О.П.<sup>1</sup>, Цьоха О.Г.<sup>2</sup>**,

*1 – ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут – м.Київ, Україна*

*2 – ДГП «Укргеофізика», м. Київ, Україна*

Обмеженість власних енергоресурсів і нерівномірність їх розміщення з урахуванням тимчасової окупації Криму, східних і південних регіонів України обумовили системні проблеми в енергозабезпеченні об'єктів критичної інфраструктури та національної економіки в цілому.

На основі комплексних структурно-тектонічних досліджень викладено новітні геолого-геофізичні дані щодо перспектив наращування високоліквідних запасів вугілля та природного газу з метою оцінки перспектив розвитку промислової нафтогазоносності та вугільної промисловості на середньо-довгострокову перспективу.

## **MINERAL RESOURCE BASE OF ENERGY RESOURCES – THE BASIS OF PROFITABLE DEVELOPMENT OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX OF UKRAINE**

**Zhikalyak M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci.(Econ.), Cand. Sci. (Geol.), *dongeo@ukr.net*,

**Bondar O.<sup>1</sup>, Tsjokha O.<sup>2</sup>**,

*1 – DRGP «Donetskgeology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine,*

*2 – SGP «Ukrheofizyka», Kyiv, Ukraine*

The limitation of own energy resources and the uneven distribution of them, taking into account the temporary occupation of Crimea, the eastern and southern regions of Ukraine, caused systemic problems in the energy supply of critical infrastructure objects and the national economy as a whole.

On the basis of complex structural and tectonic studies, the latest geological and geophysical data on the prospects for building up highly liquid coal and natural gas reserves are presented in order to assess the prospects for the development of industrial oil and gas capacity and the coal industry in the medium-long term.

**Вступ.** Паливно-енергетична сировина забезпечує життєдіяльність усіх галузей промисловості та соціальної сфери, сприяє збалансованому розвитку територіальних громад, регіонів і держави та визначально впливають на формування валового внутрішнього продукту (ВВП) і основних фінансово-економічних показників України. Завдяки підготовці урядом у 2017-2018 роках проєкту Енергетичної стратегії на період до 2035 року (ЕС-2035) з комплексним аналізом і суттєвим доопрацюванням Енергетичної стратегії-2030 у зв'язку із суттєвим спадом вітчизняного промислового виробництва, зменшенням власного видобутку природного газу на 10-15%, нафти на 35-40% і кам'яного вугілля на 40-45% та втратою після окупації Криму і значної території Донбасу ресурсної бази вуглеводнів (20%), антрациту (100%) і кам'яного вугілля (70% або 60 млн.т виробничих потужностей) були обґрунтовані стратегічні завдання розвитку паливно-енергетичного комплексу України та майбутнього національної економіки на середньо-довгострокову перспективу. Однак широкомасштабна збройна агресія російської федерації проти України призвела до катастрофічних руйнувань агресором, перш за все, інфраструктурних і електро-енергетичних об'єктів не тільки в районах бойових дій, а й по всій території України. Тому встановлення реальної сировинної бази паливно-енергетичних ресурсів України в умовах воєнного стану має надзвичайно важливе практичне значення щодо мінімізації кризових явищ, стабілізації виробництва тепла і електроенергії та забезпечення інноваційно-інвестиційного розвитку вітчизняного паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) у післявоєнний період.

**Стан і перспективи наращування запасів паливно-енергетичної сировини.** Переважно олігархічно-орієнтований розвиток базових галузей промисловості у відносно стабільних 2010-2018 роках з низькою якістю управління національним господарством на макрорівні, коли чинну систему економічних відносин у державі можна характеризувати плакатним девізом – «ні плану, ні ринку», обумовив значне зниження виробництва та

споживання паливно-енергетичних ресурсів у порівнянні з показниками Енергетичної стратегії України на період до 2035 року (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка видобутку власних енергоресурсів на період до 2035 року

Видобуток		Роки				
		2013	2020	2025	2030	2035
Природний газ*, млрд м <sup>3</sup>	ЕС-2030 (у редакції 2012 р.)	22,0	24,0	30,0	44,0	-
	Оцінка сталого розвитку ЕС-2030	22,0	25,0	30,0	40,0	-
	Проект ЕС-2035	21,2	22,9	27,5	33,8	40,0
	Проект сталого розвитку ЕС-2035	21,5	23,2	27,0	32,0	36,0
Нафта**, млн т	ЕС-2030 (у редакції 2012 р.)	3,2	2,4	2,4	3,6	-
	Оцінка сталого розвитку ЕС-2030	3,1	3,0	3,8	4,5	-
	Проект ЕС-2035	3,1	3,3	3,5	3,6	4,0
	Проект сталого розвитку ЕС-2035	3,1	2,8	3,0	3,4	3,6
Вугілля, млн т	ЕС-2030 (у редакції 2012 р.)	65,0	60,0	68,0	75,0	-
	Оцінка сталого розвитку ЕС-2030	62,0	50,0	55,0	60,0	-
	Проект ЕС-2035	65,0	60,0	63,0	65,0	60,0
	Проект сталого розвитку ЕС-2035	62,0	55,0	60,0	65,0	62,0

\*З урахуванням газу здібних порід і газу-метану

\*\* З урахуванням газового конденсату

Основні пріоритети оптимального рівня енергетичної безпеки України при підготовці Енергетичної стратегії на період до 2035 року базувалися на зменшенні паливно-енергетичної залежності від інших країн, диверсифікації джерел імпорту та шляхів постачання вуглеводнів і модернізації та реконструкції вітчизняного паливно-енергетичного комплексу. Передбачалося впровадження інноваційних технологій з використанням телекомунікаційних і комп'ютерних мереж у видобуванні й переробці первинних енергоресурсів (ПЕР), приращення запасів і обсягів видобування природного газу, нафти і вугілля та перманентне збільшення в енергетичному балансі держави власних енергоресурсів, у тому числі вторинних і альтернативних джерел енергії з урахуванням екологічних чинників та інтересів майбутніх поколінь (табл. 2).

Таблиця 2

Прогнозний баланс споживання паливно-енергетичних ресурсів на період до 2035 року

Споживання ПЕР, млн т н.е.	2013	2020	2025	2030	2035
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Вугілля	41,4	37,69	38,37	37,27	33,78
Природний газ	39,5	37,33	33,57	33,20	34,17
Нафтопродукти	9,85	13,97	14,86	15,74	16,48
Атомна енергія	21,90	25,31	25,38	27,39	32,86
Біомаса, біопаливо та відходи	4,56	6,38	8,91	11,85	13,10
Сонячна енергія	0,07	0,37	0,56	0,70	0,84
Енергія вітру	0,98	0,21	0,32	0,43	0,54
Гідравлічна енергія	1,14	0,93	1,02	1,21	1,25
Енергія довкілля	0,05	0,78	1,42	1,86	2,40
Нетто, експорт		-1,03	-1,29	-2,15	-2,58
<b>Всього, в т.ч.</b>	<b>115,55</b>	<b>121,92</b>	<b>123,12</b>	<b>127,49</b>	<b>132,84</b>
не енергетичне використання	4,93	4,72	4,96	5,16	5,31
енергетичне використання	110,62	117,20	118,17	122,33	127,53
у тому числі ВДЕ	3,13	8,66	12,23	16,05	18,12
Частка ВДЕ у споживанні первинних ресурсів, %	2,7	7,4	10,3	13,1	14,2
ВВП, млрд. дол. США (ПКС, 2005)	391	457	540	638	761

1	2	3	4	5	6
Енергоємність, кг н.е./тис. дол. США	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
Кінцеве споживання	69,59	78,89	80,84	85,13	88,91
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %	4,5	11,0	15,1	18,9	20,4

Однак значне виснаження запасів природного газу та нафти на діючих великих родовищах і відсутність хоча б часткового прирощення ефективних запасів вуглеводнів за рахунок системних геологорозвідувальних робіт, а також функціонування вітчизняної вугільної промисловості за законом Парето, коли 70% видобутку забезпечують 30% шахт, а частка 70% шахт у загальному вуглевидобутку складає всього 30% із значним обсягом їх державної підтримки, обумовили системні проблеми і ризики щодо реальності виконання основних показників Енергетичної стратегії України на період до 2035 року.

У проєкті Енергетичної стратегії – ЕС-2035 не проаналізована динаміка зменшення видобутку нафти та природного газу на основних діючих родовищах і не визначені конкретні перспективні родовища, зони або поклади, які зможуть хоча б компенсувати неминучий спад видобування вуглеводнів, не кажучи вже про необхідність забезпечення запланованого його прирощення (рис. 1). Без комплексного аналізу та обґрунтування заплановано збільшення виробництва тепла для житлово-комунального господарства (ЖКГ) та населення при плануванні зменшення енергоємності ВВП і втрат тепла в мережах та будинках і значному збільшенні відновлювальних джерел енергії в кінцевому енергоспоживанні тощо.

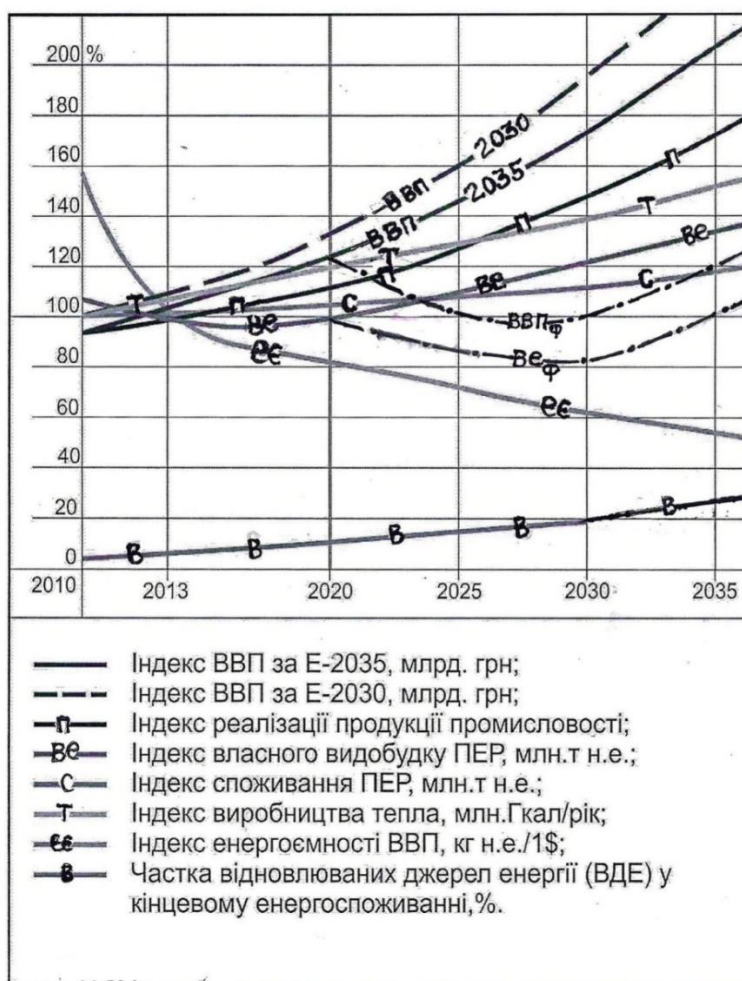


Рис. 1. Динаміка індексів прогнозованих показників проєкту Енергетичної стратегії України на період до 2035 року (ЕС-2035)



Після початку широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України прирощення власного видобутку нафти та природного газу на Чорноморському шельфі, в Східному регіоні, в Азовському морі та Північноазовській западині стали неможливими у зв'язку із захопленням російськими окупантами не тільки Криму, але й східних і південних регіонів України. Більш того, незмінність негативних тенденцій у видобуванні первинних паливно-енергетичних ресурсів прогнозується вченими-економістами навіть після звільнення від російських загарбників усіх окупованих територій України на протязі 5-7 років до базового прирощення ефективних запасів нафти та газу за результатами геологічної розвідки та дослідно-промислового освоєння нових родовищ. У першу чергу це стосується освоєння мілководного Азово-Чорноморського шельфу, Причорноморської та Північноазовської западин, а також виявлення сучасними методами сейсморозвідки фонду чітко виражених антиклінальних і солянокупольних структур та виконання кореляційно-біостратиграфічного картування домезозойської поверхні Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), проведення структурно-тектонічних, у т.ч. з урахуванням неомобілістської гіпотези, літолого-фаціальних, термобаричних і фільтраційно-ємнісних досліджень нижньо-середньокам'яновугільних відкладів центральної та південно-східної частин ДДЗ.

За результатами таких комплексних досліджень минулих років з урахуванням даних інноваційної переінтерпретації сейсмічних даних у візейських відкладах центральної частини ДДЗ виділено 6 перспективних ділянок загальною площею 4481 км<sup>2</sup>, а в південно-східній частині – дві загальною площею 340 км<sup>2</sup> [2, 3].

Перспективні ділянки, продуктивність яких пов'язана із серпуховськими відкладами, займають площу 2165 км<sup>2</sup> у центральній частині ДДЗ і 1143 км<sup>2</sup> у південно-східній [1, 3]. Перспективні ділянки глибоко занурених горизонтів башкирських відкладів займають площу 2343 км<sup>2</sup> і переважно поширені в центральній та рів денно-східній частинах ДДЗ [3]. Перспективні ділянки по московських відкладах переважно розташовані у Машівсько-Шебелинському нафтогазоносному районі. Їх загальна площа складає близько 1044 км<sup>2</sup> [3]. Крім того за результатами виконаних досліджень встановлені сприятливі структурно-тектонічні, літолого-фаціальні, гідрогеологічні та термобаричні ознаки і обґрунтовано зони поширення порід-колекторів з кращою пористістю та порід-покришок за екранувальними властивостями для візейського, серпуховського, башкирського та московського ярусів [2].

При аналізі перспектив розвитку вугільної галузі України необхідно враховувати неконтрольованість або фактичну втрату виробничих потужностей шахтного фонду в Донбасі, обов'язковість оцінки сировинної бази вугілля за ринковими параметрами та доцільність вилучення із сировинної бази вугілля низькорентабельних і неекологічних запасів тощо. Зараз в якості першочергових заходів можна рекомендувати освоєння нижньокам'яновугільної товщі Покровського вуглевидобувного району, Західного і Південного Донбасу як єдиної вуглевидобувної провінції та залучати до вуглевидобутку Любельське родовище в Львівсько-Волинському басейні, а також забезпечення власною вугільно-енергетичною сировиною Вуглегірської, Курахівської, Луганської, Миронівської та Слов'янської ТЕС.

При оцінці перспектив використання запасів метану вугільних родовищ шахт необхідно враховувати тільки реальні технологічно доступні їх обсяги в процесі випереджаючої дегазації шахтних полів і поточного комбінованого вилучення газу метану при видобутку.

**Юзівська площа – технопарк прирощення рентабельних запасів вуглеводнів.** Угода про спільну діяльність з геологічного вивчення та дослідно-промислової розробки вуглеводнів надр Юзівської площі (ділянки загальною площею 7 848 км<sup>2</sup>) між англо-нідерландською компанією «Шелл» і НАК «Надра України» була підписана урядом України в передреволюційному 2013 році після ажіотажної популяризації проблеми сланцевого газу (газу сланцевих товщ) в усьому світі та широкомасштабного виконання аналогічних робіт у Польщі.

На першому етапі проводилися головним чином узагальнюючі геологічні і гідрогеологічні роботи та наукові і лабораторні дослідження щодо обґрунтування перспективних покладів природного газу в щільних пісковиках карбону, а також було забезпечене суттєве удосконалення технічної і лабораторної бази ДП «Наукагеоцентр»

(м. Полтава) тощо. Крім того, за окремим договором з НАК «Нафтогаз України» були пробурені Біліївська і Новомечибилівська параметричні свердловини.

Проектні наміри ТОВ «Надра Юзівська» як оператора геологорозвідувальних і дослідно-промислових робіт у межах Юзівської площі, викликали широкомасштабні протестні акції, які координувалися проросійськими засобами масової інформації (ЗМІ), рентоорієнтованими екологічними організаціями, деякими органами місцевого самоврядування та представниками деструктивних бізнес-еліт, стали предтечею та генеральною репетицією сепаратистських виступів у регіоні в 2014 році. При цьому у зв'язку із надзвичайно високою ресурсною оцінкою Юзівської площі – від 8-4 трлн м<sup>3</sup> до 0,8-1,5 трлн м<sup>3</sup> природного газу, з однієї сторони та ажіотажними протестами і активною дискусією навколо неї, з іншої, призвели до значного збільшення на протязі 1,5-2 років котування акцій компанії «Шелл» на міжнародних біржах. У подальшому компанія «Шелл» у зв'язку із наявністю збройного конфлікту в Донбасі вийшла з угоди про спільну діяльність із правонаступництвом НАК «Надра України», а потім – НАК «Нафтогаз України». При цьому базова програма робіт у межах Юзівської площі суттєво не доопрацьована з урахуванням усіх наявних геолого-геофізичних даних, а значною мірою була навіть спрощена. Тому не дивно, що в травні 2020 року проведення ТОВ «Надра Юзівська» громадських слухань у с. Хрестище Слов'янського району Донецької області призвело до бойкоту проекту за сценарієм 2014 року. І тільки після системної роботи з Мінекоресурсів, профільним департаментом Донецької облдержадміністрації, місцевими громадами та громадськими екологічними організаціями з вересня 2021 року розпочалася конструктивна планомірна робота. Однак все припинилося після 24.02.2022 року у зв'язку із широкомасштабною збройною агресією російської федерації проти України та наявністю в регіоні форс-мажорних обставин непоборної сили як наслідок агресії.

На ДРГП «Донецькгеологія» за договором від 21.07.2021 року покладені зобов'язання щодо вивчення геології водного басейну підземних вод, розташованих у межах Юзівської площі. При цьому ТОВ «Надра Юзівська» у 2022 році не погоджувалася із зміною назви та геологічного завдання договору, незважаючи на те, що об'єктом цільових робіт за затвердженою урядом угодою повинні бути нафтогазоносні надра, а не підземні води. Ймовірно, це обумовлено тим, що програма геологорозвідувальних робіт з дослідною розробкою Юзівської площі до сих пір орієнтована не на виявлення в її межах рентабельних традиційних покладів природного газу, а на розвідку та освоєння важко видобувних і витратних покладів газу щільних порід. Зараз за згодою сторін роботи припинені до закінчення воєнного стану.

Незважаючи на це ДРГП «Донецькгеологія» завершило складання за кореляційно-біостратиграфічною методикою геологічних карт домезозойських, докайнозойських і дочетвертинних відкладів та геологічних розрізів до них., виконуються роботи по підготовці гідрогеологічної карти і карти четвертинних відкладів. Додатково поза межами визначеного договором переліку основним автором складена карта закономірностей розповсюдження покладів вуглеводнів Юзівської площі та прилеглих територій.

За результатами даних карто побудов домезозойська і докайнозойська поверхні території закартовані з детальністю геологічних карт відкритого Донбасу, суттєво уточнені простягання загальновідомих тектонічних порушень північно-західного простягання та локалізація спарованих Криворізько-Павлівського скиду і Волновасько-Краснопавлівського підкиду. Вперше виділені та простежені Кремінський насув, Шебелинський скид, Берестянський і Мушкетівський насуви. На підставі аналізу особливостей геологічної будови докайнозойської поверхні з урахуванням геотектонічної єдності Донбасу і ДДЗ та їх активізації в процесі альпійського тектогенезу, горизонтального стискання і кінетичних переміщень величезної маси гірських порід вперше виділені поперечні підкиди і скиди північно-східного простягання, які мають визначальне значення у формуванні нафтогазоносних структур і покладів. З північного заходу на південний схід вони представлені: Балаклійським підкидом, Петрівським і Тернівським скидами, Самарсько-Оскільським скидом, Добропільським підкидом із сателітним Адамівським скидом, Ямпільським скидом та Бахмутським і Дебальцевським підкидами. Прогнозуються не розкриті та не еродовані Балаклійський, Вільхуватський, Бахтинський,

Червонодонецький, Іскрівський, Радківський, Ізюмський, Протопопівський, Співаківський та Східно-Святогірський соляні діапіри.

Особливості геолого-тектонічної будови Юзівської площі й прилеглих територій з урахуванням латеральної метанової та нафтогазоносної зональності, гравіметричних і сейсмостратиграфічних даних дозволили виділити 10 високоперспективних на природний газ ділянок: Балаклійську, Вільховатську, Межиріцьку, Іскрівську, Ізюмську, Оскільську, Колодязну, Форпостну, Хрещищенську та Брусинську і 5 ділянок з невиясненими перспективами: Залиманську, Іванівську, Кам'янську, Закітнянську та Предтечинську.

Розглянуті напрями та виділені перспективні ділянки дозволять суттєво підвищити паливно-енергетичний потенціал України на середньо-довгострокову перспективу.

**Висновки.** Аналіз перспектив нарощування власного видобутку первинних енергоресурсів з урахуванням скоригованих показників Енергетичної стратегії-2035 дозволить суттєво уточнити структуру енергозабезпечення та енергоспоживання у повоєнний період інноваційно-інвестиційної відбудови України. Крім того, на основі оновлення і неоіндустріальної модернізації вітчизняної промисловості в умовах низького енергоспоживання та оптимального сталого розвитку через 2-3 роки можна очікувати, що до 2030 року ВВП на душу населення збільшиться в 1,5 рази, а споживання кінцевої енергії в одиницях умовного палива зменшиться на 15-20 %. При цьому вирішальний вплив на позитивні зміни в паливно-енергетичній та соціально-економічній сферах матимуть нанотехнологічне вдосконалення використання традиційних енергоресурсів та широке використання (до 25% у загальному енергобалансі) відновлювальних і нетрадиційних джерел енергоресурсів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Брижанов А.М. Изучение закономерностей распределения углеводородных газов в угленосных отложениях Донецкого бассейна и проблема их использования в народном хозяйстве – Донецк, 1987.
2. Грунау Х.Р. Природный газ в основных бассейнах світу: типи генеруючих порід, термальна зрілість і бактеріогенез // Праці XI Всесвітнього нафтового конгресу-т.2. – Лондон, 1983.
3. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності глибоко занурених горизонтів Дніпровсько-Донецької западини: монографія//В.М. Бенько, Б.Й. Маєвський, А.А. Лагутін, В.Р. Хомин//за ред.. Маєвського Б.Й. – Івано-Франківськ – ІФНТУНГ, 2013, 208 с.
4. Райк Михаэль Винкель. Экономические и технические аспекты развития горнодобывающей промышленности в 10 новых странах ЕС – Глюкауф-2007, № 3, – М. – С. 40-46.

# ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПОКЛАДІВ ГАЗУ В ПОРОДАХ-КОЛЕКТОРАХ З НЕВИТРИМАНИМИ ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ У САРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДАХ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ

*Штереб В.В.<sup>1</sup>, shtereb.volodymyr@ugv.com.ua,*

*Владика В.М.<sup>1</sup>, vladika.vitaliy@ugv.com.ua,*

*Коваль Р.М.<sup>1</sup>, renata.koval@ugv.com.ua, Алейнік У.В.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,*

*Фікерт І.Л.<sup>3</sup>, iryna.fikert@ugv.com.ua,*

*1 – УкрНДІГаз, Львів, Україна,*

*2 – ГПУ «Львівгазвидобування», Львів, Україна,*

*3 – УкрНДІГаз, Львів, Україна*

Промислова газонасність родовищ Більче-Волицької зони пов'язана з нижньосарматським під'ярусом, що включає в себе дашавську світу. За результатами дослідження кернового матеріалу колектори представлені перешаруванням ущільнених глин, частково аргілітизованих, та алевритових дрібноуламкових пісковиків, які переходять в дрібнозернисті алевроліти. Невитриманість фільтраційно-ємнісних параметрів розрізу суттєво впливає на ступінь дренажності покладів газу. Наведено досвід проведення додаткової перфорації та гідророзриву пласта з метою залучення непрацюючих пропластів. Проаналізовано основні фактори, які впливають на отримання позитивного результату.

## THE FEATURES OF THE DEVELOPING GAS RESERVOIRS IN ROCKS WITH NON-MAINTAINED FILTRATION-CAPACITY CHARACTERISTICS IN THE SARMATIAN DEPOSITS OF THE BILCHE-VOLITSKA ZONE

*Shtereb V.<sup>1</sup>, shtereb.volodymyr@ugv.com.ua,*

*Vladyka V.<sup>1</sup>, vladika.vitaliy@ugv.com.ua,*

*Koval R.<sup>1</sup>, renata.koval@ugv.com.ua, Alieinik U.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,*

*Fikert I.<sup>3</sup>, iryna.fikert@ugv.com.ua,*

*1 – UkrNDIGas, Lviv, Ukraine,*

*2 – GPD «Lvivgasvydobuvannya», Lviv, Ukraine,*

*3 – UkrNDIGas, Kharkiv, Ukraine*

The industrial gas potential of the deposits of the Bilche-Volytska zone is associated with the Lower Sarmatian sub-stage, which includes the Dashava horizon. Based on the research of the core material, the reservoirs consist of interbedded dense clays, partially argillitized, and aleurolitic fine-grained sandstones transitioning into fine-grained aleuroliths. The non-maintenance of filtration-capacity parameters within the section significantly impacts the degree of gas reservoir drainage. The experience of additional perforation and hydraulic fracturing of the formation to involve inactive zones is presented. The main factors influencing the achievement of a positive outcome were analyzed.

Більче-Волицький нафтогазоносний район площею 16,2 тис. км<sup>2</sup> є найстарішим в Європі. Його промислова розробка розпочалася у 1924 р. і триває донині. На сьогоднішній день тут відкрито близько 70 родовищ. В тектонічному відношенні розташований в Передкарпатському прогині та пов'язаний з одноіменною структурно-фаціальною зоною, що виповнена міоценовими верхніми теригенними моласами, які залягають на доміоценовій платформенній основі.

У геологічній будові родовищ Більче-Волицької зони беруть участь відклади палеозойського, мезозойського та кайнозойського віку.

Відклади сарматського ярусу незгідно залягають на верхньобаденських породах і представлені нижньосарматським під'ярусом, що включає в себе дашавську світу.

Характерною особливістю дашавської світи є ритмічність її будови. Кожен ритм починається тонкими глинистими шарами, які вверх по розрізу поступово збагачуються піщаним матеріалом. В основі ритмів часто присутні пропластки туфів і туфітів невеликої товщини. Найбільш потужні ритми утворюють піщано-глинисті горизонти, в яких за електрокаротажом досить чітка покрівля та розпливчата підосва.

Родовища перебувають на різних періодах розробки, як від початкового на Липовецькому

(ущільнюється сітка експлуатаційних свердловин або активне розбурювання та дорозвідкою розширюємо контур газоносності), так і на стадії постійного видобутку газу на Більче-Волицькому родовищі. Також в даній зоні є родовища, які перебувають на завершальній стадії розробки, наприклад Опарське родовище, коефіцієнт вилучення становить близько 95%.

Розробка покладів газу родовищ Більче-Волицької зони здійснюється при газовому режимі. Продуктивність свердловин коливається в широких межах від 1,0 до 100,0 тис.м<sup>3</sup>/добу. Експлуатація свердловин ускладнюється поступленням пластової води на вибої, а також руйнуванням привибиїної зони пласта. Характерним є різна ступінь дренаваності покладів газу. На основі геолого-промислової інформації визначені радіуси дренавання становлять від 70 м до 400 м. За даних умов, а також при значних відстанях між свердловинами залишаються значні недренавані ділянки покладів. В багатьох випадках згущення сітки свердловин частково обмежено умовами денної поверхні.

Вторинне розкриття покладів (перфорація) здійснюється зі щільність до 18 отв./п.м. Враховуючи тонкошаруватий характер розрізу сарматських відкладів, не можливо залучити в розробку всі продуктивні пропластки.

Для залучення в розробку непрацюючих пропластків у свердловинах ГПУ «Львівгазвидобування» проводились додаткові перфорації існуючих інтервалів та гідравлічні розриви пластів (ГРП). За результатами виконаних геолого-технічних заходів на Більче-Волицькому родовищі (11 операцій) та Вижомлянській діл. Свидницького родовища (6 операцій) можна зробити висновок, що збільшення кількості перфораційних отворів дає незначний ефект (збільшення дебіту газу до 1,5 тис. м<sup>3</sup>/добу).

Кращі результати по долученню в розробку непрацюючих пропластків отримано при проведенні ГРП. На родовищах ГПУ «Львівгазвидобування» для проведення ГРП використовувались пінні та гелеві системи. Останні показали кращі результати для сарматських відкладів та використовуються в подальшому.

Вибір об'єктів для проведення ГРП ускладнений літолого-стратиграфічною особливістю сарматських відкладів Більче-Волицької зони – невитриманістю порід-колекторів по розрізу.

Керновий матеріал однієї із свердловин Вижомлянської ділянки Свидницького родовища представлений близьким до ритмічного перешарування ущільнених глин, частково аргілітизованих, та алевроитових дрібноуламкових пісковиків, які переходять в дрібнозернисті алевроліти. Лабораторні дослідження кернового матеріалу дають значення абсолютної проникності 0,02-0,04 мД, відкрита пористість при цьому становить 8,9-9,1%. За результатами геофізичних досліджень пористість відкладів нижньодашавської світи становила 10,5-12,5%. В даній свердловині проведено перфорацію близько 56 м. При первинних випробуваннях отримано приплив газу дебітом близько 1,5 тис.м<sup>3</sup>/добу. Після проведення ГРП дебіт газу зріс до 24,0 тис.м<sup>3</sup>/добу. Свердловину введено в експлуатацію з дебітом газу 23,0 тис.м<sup>3</sup>/добу. Слід відмітити, про тривалий ефект від впровадження ГРП – за більше ніж 3 роки експлуатації свердловини дебіт знизився на 60%.

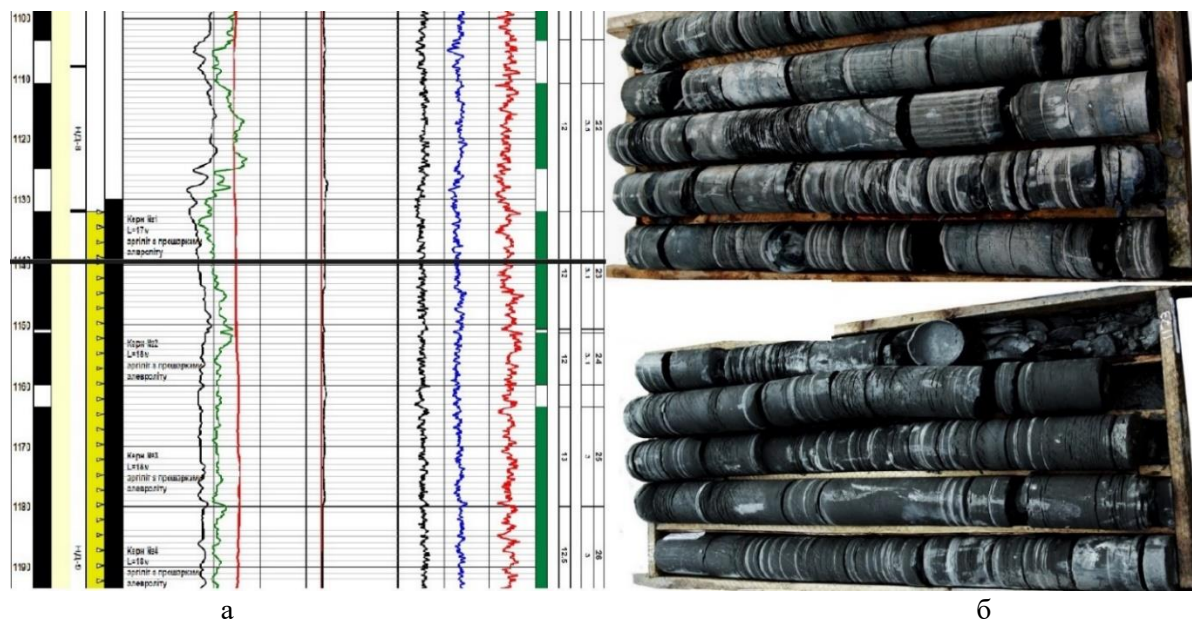
Зразки керну з свердловини Липовецького родовища представлені головним чином ущільненими – слабоущільненими глинами з незакономірними і незначними за товщиною прошарками теригенних порід. Товщини прошарків складають 1-2 см. Об'єм теригенних порід в межах інтервалів відбору керну знаходиться в межах від 3-5% до 20-30%. За результатами первинних випробувань отримано приплив газу дебітом 2,2 тис.м<sup>3</sup>/добу при депресії тиску на пласт 22% від пластового тиску. Інтервал перфорації становить близько 50 м. До введення свердловини в експлуатацію у свердловині проведено ГРП, за результатами якого добовий відбір зріс до 14,0 тис.м<sup>3</sup>/добу. Свердловина введена в експлуатацію з початковим дебітом газу 12,0 тис.м<sup>3</sup>/добу, який за 3 роки експлуатації свердловини знизився на 17%.

Разом з тим при випробуванні аналогічних порід-колекторів сарматських відкладах на Більче-Волицькому родовищі отримано приплив газу дебітом понад 100 тис. м<sup>3</sup>/добу без проведення ГРП, що не є характерним на даний час для родовищ цього регіону. При цьому перфорацією розкрито лише 30 м продуктивного горизонту.

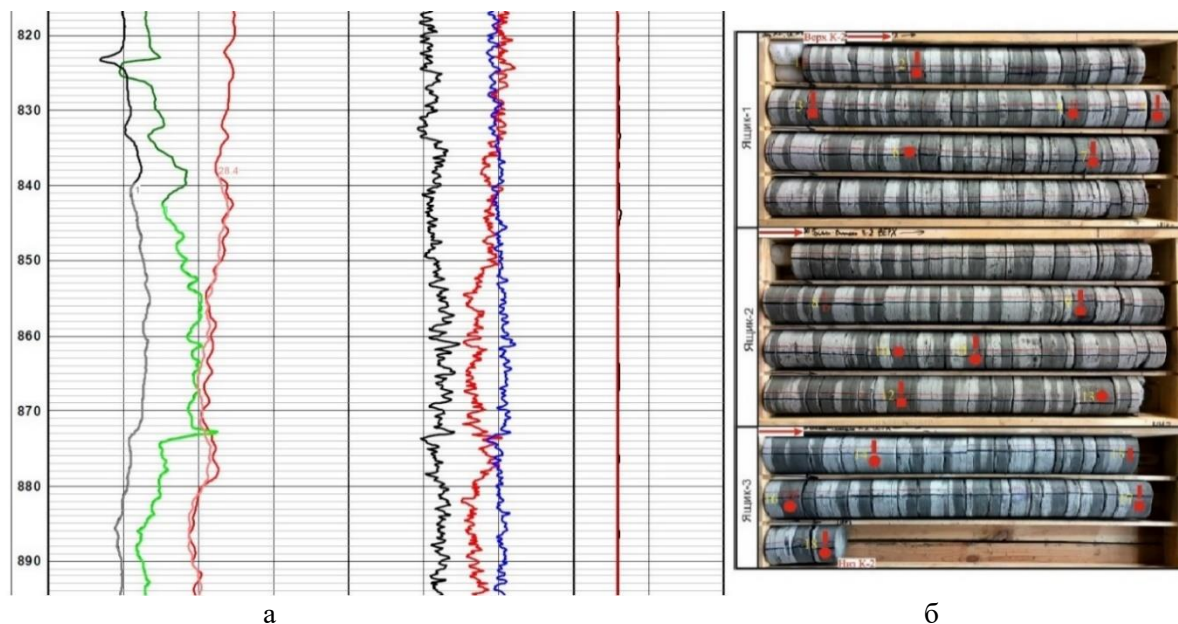
Керновий матеріал однієї із свердловин Більче-Волицького родовища представлений

ритмічним перешаруванням аргілітів та піщано-алевритових відмінностей. На контактах літологічних відмінностей породи легко розшаровуються або розколюються, крихкі, тріщинуваті. Тріщини горизонтальні, субгоризонтальні, діагональні, контактні, по них породи легко розшаровуються. Лабораторні дослідження кернаого матеріалу дають значення абсолютної проникності в широких межах 2,7-65,3 мД, відкрита пористість при цьому становить 11-24 %.

На рис. 1 та 2 наведено співставлення зведених каротажних діаграм продуктивних горизонтів та відповідних взірців кернаого матеріалу свердловин Вижомлянської діл. Свидницького родовища та Більче-Волицького родовища відповідно.



**Рис. 1. Зведена діграма результатів геофізичних досліджень (а) та зразки кернаого матеріалу (б) свердловини Вижомлянської ділянки Свидницького родовища**



**Рис. 2. Зведена діграма результатів геофізичних досліджень (а) та зразки кернаого матеріалу (б) свердловини Більче-Волицького родовища**

В ряді свердловин для проведення ГРП використовувався радіоактивних пропант, що дало змогу дослідити вертикальний напрям поширення тріщини.



В одній з свердловин Летнянського родовища при випробуванні нижньодашавських відкладів отримано промисловий приплив газу дебітом 12,54 тис. м<sup>3</sup>/добу. З метою інтенсифікації припливу виконано ГРП. В результаті отримано приплив пластової води разом із газом, яка поступає в основному з верхнього інтервалу внаслідок позаколонного перетоку із залягаючих вище водонасичених пластів-колекторів через можливу появу субверикальної тріщини після проведення ГРП. Схожа ситуація трапляється і по свердловинах Дубаневицького та Хідновицького родовищ, де отримані негативні результати після ГРП.

Досвід проведення ГРП на родовищах Більче-Волицької зони показав, що при проєктуванні операції слід приділити увагу вибору об'єктів для ГРП (глибина залягання покладів, технічний стан свердловин, близьке розташування водонасичених колекторів, величини пластових тисків, коефіцієнт газонасиченості).

Підсумовуючи вищенаведену інформацію, можна зробити наступні висновки:

- породи-колектори сарматських відкладів Більче-Волицької зони представлені ритмічним перешаруванням аргілітів, алевролітів та алевролітистих пісковиків;
- результати аналізу кернового матеріалу вказують на тонкошаруватий характер розрізу, що не завжди відмічається за результатами геофізичних досліджень свердловин;
- враховуючи особливість даного продуктивного розрізу складно оцінити початкові дебіти проєктних свердловин;
- додаткова перфорація в межах існуючих продуктивних горизонтів дає незначний ефект;
- для залучення в розробку непрацюючих пропластків кращі результати досягнуто проведенням ГРП.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бойко В.С. Довідник з нафтогазової справи /В.С. Бойко, Р.М. Кондрат, Р.С. Яремійчук// – К.: Львів, 1996. – 620 с.
2. Кондрат Р.М. Проєктування розробки газових і газоконденсатних родовищ: підручник. Івано-Франківськ, 2021. – 272 с.
3. Кондрат Р.М. Технологія розробки газових і газоконденсатних родовищ: підручник. Івано-Франківськ, 2021. – 456 с.
4. Проєкт промислової розробки Липовецького газового родовища. Звіт про НДР. Укр. наук. – дослідн. ін.-т. прир. газів; кер. Коваль Р.М.; викон. Криськів І.В. [та ін.]. – Львів. 2022. – 212 с.
5. Уточнений проєкт промислової розробки Вижомлянської ділянки Свидницького газового родовища. Звіт про НДР. Укр. наук. – дослідн. ін.-т. прир. газів; кер. Коваль Р.М.; викон. Криськів І.В. [та ін.]. – Львів. 2021. – 271 с.
6. Дослідження фільтраційно-ємнісних властивостей піщано-глинистих порід-колекторів при бурінні свердловин на площах і родовищах ГПУ «ЛГВ». . Звіт про НДР. Укр. наук. – дослідн. ін.-т. прир. газів; кер. Федоришин Ю.І.; викон. Балацький Р.С. [та ін.]. – Львів. 2020. – 173 с.
7. Уточнений проєкт промислової розробки Більче-Волицького газового родовища. Звіт про НДР. Укр. наук. – дослідн. ін.-т. прир. газів; кер. Штерєб В.В.; викон. Тиркус П.Б. [та ін.]. – Львів. 2023. – 459 с.

## РЕСУРСИ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВУГЛЕВОДНІВ ВІЗЕЙСЬКОГО ЯРУСУ ДДЗ - ПЕРСПЕКТИВИ І ПРОБЛЕМИ ОСВОЄННЯ

*Святенко Г.Є.<sup>1</sup>, к. геол. н., henryfirst@ukr.net,*

*Бутенко А.В.<sup>2</sup>, andrii.butenko@ugv.com.ua,*

*1 – УкрНДІгаз, Харків, Україна*

*2 – АТ «Укргазвидобування», Харків, Україна*

Анотація. Реалізація значного потенціалу нетрадиційних об'єктів регіонально-продуктивних горизонтів візейського ярусу (гідрокарбонеліти рудівських шарів і пеліто-карбонатні утворення візейської «плити») на площах Дніпровсько-Донецької западини може здійснюватись виключно шляхом постановки широкоазимутальних об'ємних сейсмічних досліджень, які дадуть змогу визначати ділянки інтенсивної регіональної і зональної тріщинуватості і надати інформацію для закладання пілотних і горизонтальних свердловин в межах чітко окреслених перспективних зон обов'язково з ретельним врахуванням світового досвіду таких робіт.

## RESOURCES OF UNCONVENTIONAL HYDROCARBONS OF THE VISEAN LAYER OF THE DDD - PROSPECTS AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT

*Svyatenko G.<sup>1</sup>, Pp, henryfirst@ukr.net,*

*Butenko A.<sup>2</sup>, andrii.butenko@ugv.com.ua,*

*1 – UkrNDIgaz, Kharkiv, Ukraine,*

*2 – JSC Ukrgasvydobuvannya, Kharkiv, Ukraine*

Summary. Realization of the significant potential of non-traditional objects of regionally productive horizons of the Visean layer (hydrocarbopelites of Rudov layers and pelito-carbonate formations of the Visean "plate") in the areas of the Dnipro-Donetsk depression can be carried out exclusively by setting up wide-azimuth volumetric seismic surveys that will make it possible to determine areas intensive regional and zonal fracturing and provide information for the laying of pilot and horizontal wells within clearly defined promising zones, necessarily with careful consideration of the world experience of such works.

Серед нетрадиційних вуглеводнів (ВВ) найбільш відомі так звані «сланцевий» газ та нафта, які містяться переважно в алевро-пелітових породах найчастіше морського походження, що характеризуються підвищеним вмістом органічної речовини, термічною зрілістю, низькою пористістю і дуже низькою проникністю. Такі скупчення часто мають великі геологічні запаси, але й низький коефіцієнт вилучення. Поклади сланцевого газу є системою, в якій гірська порода є одночасно «материнською» субстанцією, колектором, і покришкою. Газ скупчується в ізольованих порах та адсорбується і абсорбується органічною речовиною. Тут слід зауважити, що видобутою може бути тільки якась частина вільного газу пор і тріщин, в тому числі мікропор і мікротріщин; сорбований газ можна відділити від породи лише за умови її повної дезінтеграції.

Для утворення традиційних покладів нафти і газу необхідними є наявність резервуару, умовно непрониємної покришки (роль її виконують глини, аргіліти, солі, тобто породи з низькою відкритою пористістю і проникністю), пастки і можливості міграції вуглеводнів до неї. Згідно з положеннями осадово-міграційної (органічної) гіпотези міграція здійснюється з «материнських» порід, збагачених органічною речовиною; за концепцією неорганічного походження вуглеводнів – генерація ВВ є результатом загальної дегазації Землі. Для виникнення родовищ нетрадиційного типу всі перераховані умови стають не обов'язковими. Тут «материнські» породи є одночасно газовмісними, а їхня низька пористість і проникність забезпечують тривале зберігання газу навіть за умови відсутності пасток. Для обґрунтування доцільності розробки нетрадиційних покладів ВВ вирішальним є збільшення нафтогазовіддачі під час експлуатації свердловин, що досягається застосуванням сучасних технологій, зокрема багатостадійного потужного гідророзриву. Тому такі родовища, на відміну від традиційних, є порівняно легкими для відкриття, але дуже важкими для освоєння (В.А. Михайлов, О.М. Карпенко, В.В. Огар, 2015).

Збагаченість органікою зазвичай обумовлює темно-сіре та чорне забарвлення порід, внаслідок чого їх називають «чорними сланцями», а товщі, які вони складають – «чорносланцевими формаціями».

Продуктивні вуглеводневі горизонти в аргілітах і сланцях, які є об'єктом успішної розробки, відомі переважно у Північній Америці, зокрема в басейнах Скелястих гір, в Передапалацькому і Мічіганському басейнах. Кременисті сланці містять промислові поклади нафти в Каліфорнії і Техасі. Газоносні вапняки розробляються на єдиному родовищі Аргентини. Нафту добувають із менілітових сланців на деяких родовищах Передкарпатського прогину, значні комерційні скупчення виявлено в майкопських глинах Східного Передкавказзя, є певний досвід нафтовидобутку з пелітів баженівської світи Західного Сибіру.

Оцінки прогнозних ресурсів метанового газу «сланцевих» товщ України за відкритими джерелами сильно різняться – від 2 до 32 трлн м<sup>3</sup> (Є.О. Ставицький, П.С. Голуб, 2011 р.).

Як уявляється на нинішньому етапі вивченості в найбільш перспективному для подальших пошуків вуглеводнів континентальному басейні України – Східно-Українському сприятливі умови генерації і збереження нетрадиційних вуглеводнів існують в регіональних верствах нижнього відділу карбону і локалізуються в підшві верхньовізейського і в нижньовізейському під'ярусі, де присутні аномально збагачені органічною речовиною товщі доманікового типу (С.О. Мачуліна, В.І. Полстаєв, 1995 р.). регіональні горизонти В-24-25-26

Формування переважно карбонатної пачки XIII мікрофауністичного горизонту нижньовізейського під'ярусу Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) пов'язане з максимальною палеозойською трансгресією, вміст глинистої складової в товщі стало збільшується від прибортових частин до осі депресії. Вапнисті плитчасті аргіліти часто збагачені тонким органічним детритом і сильно бітумінозні, з базальною пачкою таких порід асоціює радіоактивна аномалія. Вапняки і доломіти (т. з. візейська «плита») відносяться до шельфових фацій, глиниста пачка зануреної частини басейну – до відкритого моря, а пропластки псамітів фіксують прибережно-морські умови осадконакопичення. Товщина відкладів 20-210 м (В.Т. Кривошеєв, В.В. Макогон, Є.З. Іванова, 2019 р.), тут виділяються аналоги регіональних горизонтів В-24-25 та, частково, – В-26.

Товща кременисто-глинистих або кремнисто-глинисто-карбонатних порід, збагачених розсіяною органічною речовиною і ураном, так звані «рудівські шари» залягають безпосередньо над візейською «карбонатною плитою». У практиці геологорозвідувальних робіт ця доманікоїдна товща відома як регіонально-продуктивний горизонт В-23. Ці верстви складено тонкошаруватими кремнисто-глинистими породами чорного кольору, з прошарками вапняків і силіцитів. Для всіх літотипів характерні підвищена радіоактивність і значний вміст органічного вуглецю, кількість якого підвищена у глинистих різновидах – 3,5 – 8 % при максимальних значеннях 11,0-13,2 %. Літологічний склад і специфічний набір фауністичних решток рудівських шарів переважно зумовлено особливостями палеорельєфу дна ДДЗ та аноксією, сірководневим зараженням, мутним середовищем, надходженням вулканічного попелу і кремнієвої кислоти що надходили до басейну у ранньотульську фазу пожвавлення рифтогенезу в регіоні. Специфічна каротажна характеристика рудівської товщі, виразна геохімічна і фаціальна характеристики дають можливість легко простежити її поширення майже по всій території ДДЗ. (С.О. Мачуліна, І.М. Бабко, 2004 р.). Товщина її в зануреній частині западини складає 25-40 м.

Крупне Яблунівське НГКР Східно-Українського НГБ, подібно низці інших, за термінологією А.Ю. Лукіна (2018 р.), можна віднести до так званих «гібридних». По середньо-та нижньокам'яновугільних і девонських відкладах воно має доведений великий ареал промислової нафтогазоносності в розумінні традиційних колекторів, в той час як потужні регіональні пачки низів XIIа мікрофауністичного горизонту, що відповідає рудівській світі та товща верхів XIV і XIII МФГ в повному обсязі, або регіональні горизонти В-24-25-26<sup>верх</sup> нижньовізейської карбонатної «плити» складені збагаченими органічною речовиною глинисто-кременисто-карбонатними та глинисто-карбонатними породами, що залягають на глибинах 4,3-5,0 км і мають певні перспективи, як джерела «сланцевого» газу та (чи) нафти.

Для цього розрізу характерні висока термальна зрілість порід, вміст розсіяної органічної речовини від 0,8 до 4,3 % вагових, численні прямі ознаки насиченості газом і конденсатом, отримані при бурінні і випробування свердловин. Між тим, підняті в керні породи, які знаходяться, переважно, на стадії мезокатагенезу, характеризуються низькими значеннями

відкритої пористості – 0,3-4,8 % та проникності: абсолютна газопроникність має тріщинну природу і складає лише 0,006-1,150 мД. За ГДС значення відкритої пористості дещо вищі, але для переважної більшості досліджених інтервалів не перевищують 3-4 %.

Слід зазначити, що в численних свердловинах Яблунівського родовища в горизонтах В-23-25 за ГДС і керном виділені інтервали газонасичених і навіть нафтонасичених пісковиків - класичних колекторів, що виконують теригенні врізи в гідрокарбонатні та карбонатні утворення; їх пористість сягає 8,0-17,0 %, ефективні товщини сягають 21,4 м, тобто газонасиченість і візейських нетрадиційних об'єктів на Яблунівській площі є комбінованою.

Прогнозні ресурси умовно вільного газу (не враховуючи практично нерухому сорбовану компоненту) нетрадиційних колекторів рудівських верств та візейської карбонатної «плити» Яблунівського родовища складають декілька мільярдів кубічних метрів, тобто виглядають привабливим об'єктом потенційного освоєння. Однак на цьому шляху є кілька суттєвих перепон. Не згадуючи про засадниче питання відсутність прямих аналогів промислового освоєння не тільки в Україні, а і в Європі взагалі, спроби успішного опішування таких об'єктів стикаються з низкою труднощів суто технічного характеру.

АТ "Укргазвидобування" під час вивчення нетрадиційних типів колекторів в межах ДДЗ, на свердловинах ряду родовищ, в тому числі на Яблунівському НГКР, було проведено ряд сучасних геофізичних досліджень та спеціальні дослідження керну, що дозволило встановити, що високорадіоактивна теригенно-карбонатно-аргілітова товща рудівських верстви умовно відповідає критеріям колекторів нетрадиційного типу (ТОС більше 2 %, загальна пористість більше 5 %, газонасиченість до 70 %, середня потужність 39 м, вміст глинистих мінералів до 60 %, що позитивно впливає на геомеханічні властивості та її здатність проводити тріщини під час проведення ПГРП).

Спроби розпочати освоєння цього ресурсу на Яблунівській площі шляхом потужного ГРП в ряді свердловин існуючого фонду на нинішній час успіхом не увінчалися. Економічно виправданий результат теоретично можна отримати проведенням багатостадійного ГРП в стволах горизонтальних свердловин значної довжини.

За О.Ю. Лукіним основним фактором формування вторинних тріщинних колекторів в карбонатних фаціях є різноорієнтована відкрита мікротріщинуватість, інтенсивність якої зростає з глибиною. В термобаричних умовах зануреної частини ДДЗ на глибинах більше 6,0-6,5 км відбувається трансформація щільних масивних вапняків і доломітів в розущільнені тіла, в тому числі шляхом природного гідророзриву (О.Ю. Лукін, І.П. Гафич, ВВ. Макогон, А.Б. Холодних, 2016 р.). Якщо це збігається з високою насиченістю порід органічною речовиною, ми можемо мати справу з родовищем нетрадиційних ВВ. Нещодавно саме в таких умовах був відкритий поклад газу на Краснокутському родовищі. На менших глибинах для існування вуглеводневонасичених зон розущільнення широкого розвитку по площі і розрізу, фактично своєрідних масивних покладів, потрібна наявність великих зон АВПТ; яскравим прикладом продуктивності карбонатів, виявленої в таких умовах є турнейські поклади Мачуського родовища.

За наявними на нинішній час даними польової геофізики зони локальної та зональної тріщинуватості, викликані дією в першу чергу тектонічних чинників, які могли б сформувати резервуар комерційно привабливого для розробки об'єму вуглеводнів (sweet spots) на Яблунівському родовищі (як і на переважній більшості площ і родовищ України) на жаль не картуються через недостатню якість сейсмічного матеріалу і методик його інтерпретації.

Маються на увазі «sweet spots» так званого структурного типу – це ділянки підвищеної тріщинуватості порід, обумовлені тектонічними чинниками, дією процесів регіонального та динамометаморфізму, в тому числі, пов'язані з впливом систем розривних порушень. Вони виділяються геофізичними та структурними (тектонофізичними) методами на основі аналізу розривних дислокацій та складчастості (В.А. Михайлов, О.М. Карпенко, В.В. Огар, 2015).

В умовах відсутності даних про розвиток природних зон тріщинуватості найбільш реалістичний радіус впливу гідророзриву в породах, подібних візейським гідрокарбонатним і карбонатам Яблунівського родовища складає 50 м. За проведеною нами оцінкою, умовні

геологічні запаси на одну свердловину з горизонтальним закінченням ствола (довжиною більше 2 км в перспективній товщі), пробурену в монолітній товщі газонасичених порід, порашовані в визначеній таким чином зоні дії ГРП складають для горизонту В-23 близько 40 млн м<sup>3</sup>, для горизонтів В-24-25 - близько 120 млн м<sup>3</sup> «сухого» газу. З врахуванням обережно оптимістичного коефіцієнту вилучення газу 0,3 ([https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/methodology\\_2013.pdf](https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/methodology_2013.pdf)), умовно видобувні запаси на одну свердловину складуть лише 13 та 40 млн м<sup>3</sup> «сухого» газу відповідно, що безсумнівно не є комерційно привабливою величиною для свердловин такої вартості.

На нашу думку спроби реалізації значного потенціалу нетрадиційних об'єктів горизонтів В-23 та В-24-25, які є, як виглядає, найбільш перспективними з усього спектру подібних порід в літолого-стратиграфічному розрізі ДДЗ, може здійснюватись виключно шляхом постановки широкоазимутальних об'ємних сейсмічних досліджень, які дадуть змогу визначати ділянки інтенсивної регіональної і зональної тріщинуватості і закладання пілотних і горизонтальних свердловин в межах чітко окреслених перспективних зон обов'язково з ретельним врахуванням світового досвіду таких робіт.

## ДО ПЕРСПЕКТИВ ГАЗОНОСНОСТІ ВЕРХНЬОВІЗЕЙСЬКИХ ВІДКЛАДІВ В МЕЖАХ ПЕТРЕНКІВСЬКО-МАЧУХСЬКОЇ СТРУКТУРНОЇ ЗОНИ

*Костів А.Л.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*

*Шимановська Т.Я.<sup>1</sup>, shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua;*

*Гусаров С.С.<sup>1</sup>, gusarov.sergiy@ugv.com.ua;*

*Гаракевич О.І.<sup>2</sup>, oleh.harakevych@ugv.com.ua;*

*Мізіна О.М.<sup>2</sup>, oksana.mizina@ugv.com.ua;*

*Дерев'янка О.В.<sup>2</sup>, olena.derevianko@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «Укргазвидобування» філія Український науково-дослідний інститут природних газів,  
м. Харків, Україна,*

*2 – АТ «Укргазвидобування» філія ГПУ «Полтавагазвидобування», м. Полтава, Україна*

У зв'язку зі значною виснаженістю основних родовищ в ДДЗ, гостро постає проблема для пошуку та розвідки нових покладів та родовищ вуглеводнів. Осьова частина ДДЗ характеризується значним нафтогазоносним потенціалом. Розглянуті перспективи пошуку покладів вуглеводнів у відкладах верхньовізейського під'ярусу нижнього карбону в межах Петренківсько-Мачухської структурної зони.

## TO THE PROSPECTS OF THE GAS CAPACITY OF THE UPPER VISAYIAN SEDIMENTS WITHIN THE BONDARIES OF THE PETRENKIVO-MACHUSK STRUCTURAL ZONE

*Kostiv A.<sup>1</sup>, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*

*Shimanovska T.<sup>1</sup>, shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua;*

*Gusarov S.<sup>1</sup>, gusarov.sergiy@ugv.com.ua;*

*Harakevych O.<sup>2</sup>, oleh.harakevych@ugv.com.ua;*

*Mizina O.<sup>2</sup>, oksana.mizina@ugv.com.ua;*

*Derevianko O.<sup>2</sup>, olena.derevianko@ugv.com.ua,*

*1 – Joint stock company «Ukrigasvydobuvannya» affiliate Ukrainian Research Institute  
of Natural Gases, Kharkiv, Ukraine,*

*2 – Joint stock company «Ukrigasvydobuvannya» affiliate  
GPD «Poltavagasvydobuvannya», Poltava, Ukraine*

In light of significant depletion of key fields in the Dnieper-Donets basin, prospecting for new hydrocarbon accumulations becomes a critical issue. The axial part of the Dnieper-Donets basin has a considerable hydrocarbon potential. Prospects for the search for hydrocarbon deposits of the Lower Carboniferous Upper Visean substage within the Petrenko-Machukh structural zone are considered.

Результати геологорозвідувальних робіт, які проводилися в останні роки, засвідчили стали тенденцію у відкритті не великих за запасами родовищ вуглеводнів в межах прибортових та бортових ділянок Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), на відносно не значних глибинах залягання.

Разом з тим, перспективи відкриття середніх та крупних родовищ пов'язуються із глибокозануреними кам'яновугільними відкладами центральної привісської частини западини, де за результатами геолого-розвідувальних робіт також вдалося отримати позитивні геологічні результати. Основні відкриття тут пов'язані з відкладами XII, XIIa мікрофауністичних горизонтів (МФГ) в товщі верхньовізейського під'ярусу нижнього карбону, які залягають на глибинах порядку 5-6,5 км.

Необхідно відмітити, що територія про яку йде мова відноситься до Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району, де на глибинах 5-7 км якраз залягає зазначений продуктивний комплекс, і вважається однією з найперспективніших ділянок для пошуків значних за обсягами покладів вуглеводнів.

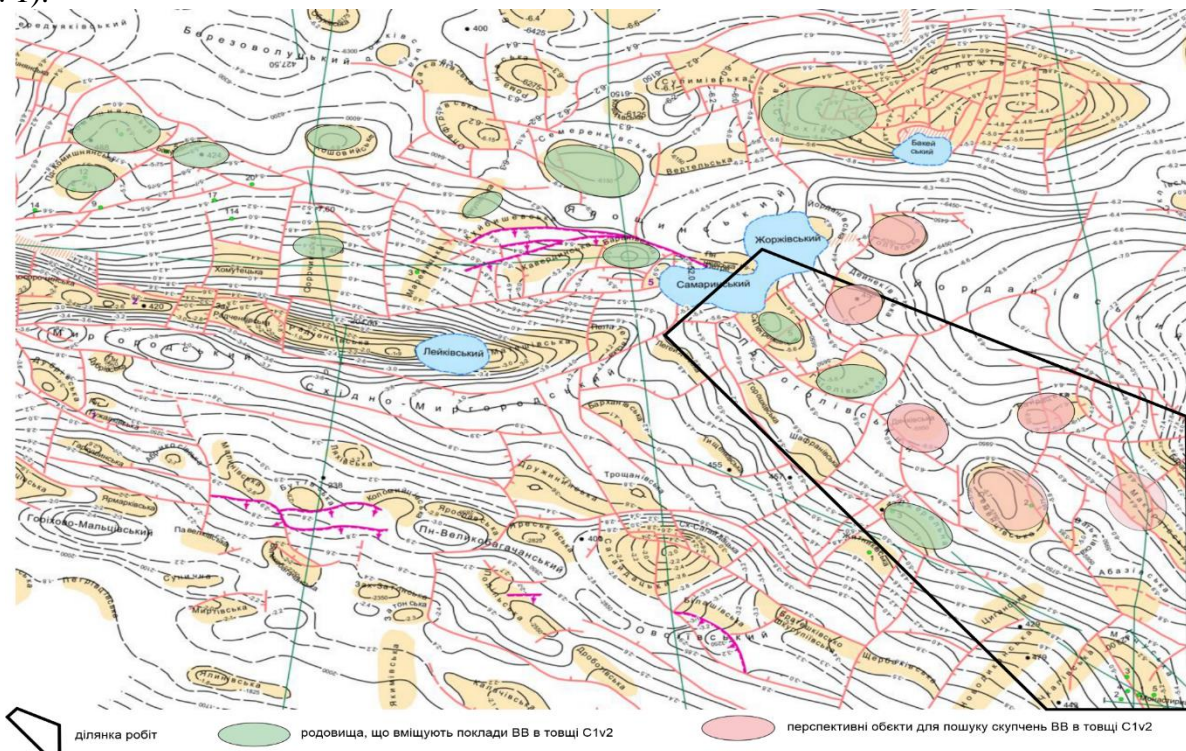
В цілому її умовно можна поділити на три зони. Центральна - виділена на структурному валі, що простягається від північного крила Яблунівської структури до Матвіївської структури. В цій зоні до перспективних об'єктів віднесені антиклінальні структури, структурні носи та



тектонічно-екрановані блоки на схилах антиклінального валу. На північ від західної частини цієї зони в зануреній частині виділяється низка не великих антиклінальних піднять, на одному з яких відкрите Перевозівське родовище. В південній частині компанії ведуться активні роботи в межах спецдозволів Комишняського газоконденсатного родовища та Скиданівської площі.

В північно-західній частині Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району виділяється обширна перспективна зона, ускладнена Петрово-Роменським, Краснознаменським, Клиньським соляними штоками та розривними порушеннями. До перспективних об'єктів за результатами аналізу віднесені антиклінальні підняття, тектонічно-екрановані пастки та приштокові блоки. Тут Товариством недавно відкрите Жемчужне газоконденсатне родовище.

В південно-східній частині району виділяється перспективна зона з антиклінальними, тектонічно-екранованими та літологічно обмеженими пастками на ділянці від Самаринського соляного штоку на північному заході до Старо-Санжарського діапіру на південному сході, де виявлено цілий ряд позитивних структур в тому числі Східно-Петренківська, Гоголівська, Байрацька, Родниківська, Семенцівська, Макарцівська та ряд інших малорозмірних структур (рис. 1).



**Рис. 1. Петренківсько-Мачухська структурна зона. Фрагмент структурної карти по горизонту відбиття  $V_{B2-n}$  ( $C_{1v2}$ ) (Я. Гузік, т.п. 45/07 СУГРЕ, ДГП «Укргеофізика»)**

Ще у 80-х роках минулого століття тут була встановлена промислова газонасність верхньовізейських відкладів на Гоголівському газоконденсатному родовищі, де в об'ємі продуктивного горизонту В-16 відкрито газоконденсатні поклади, приурочені до дрібнозернистих міцно зцементованих кварцовим цементом пісковиків з відкритою пористістю 6-10 %, що залягали в інтервалах глибин 5250-5350 м [1]. Встановлені також прямі ознаки газонасності більш глибоко залягаючих горизонтів В-19-20, де з ущільнених газонасичених пісковиків пористістю, за ГДС, 5-8 %, у свердловині 12 Гоголівській з глибини 5654-5586 м (вибірково) отримано приплив газу з пластовою водою.

На цілому ряді структур були отримані непромислові або нестабілізовані припливи вуглеводнів, чи встановлені газопроявлення при бурінні параметричних та пошукових свердловин.

В параметричній свердловині 455 Тищенківська, з глибини 4390-4470 м (гор.В-20?), отримано нестабілізований приплив газу з конденсатом дебітом до 100 тис.  $m^3$ /добу. Виявлений поклад не знайшов площинного поширення при подальшому розбурюванні структури.

В процесі буріння параметричної свердловини Шафранівська 457 зафіксовані прямі ознаки нафтогазоносності у вигляді підвищений вміст горючого газу в буровому розчині та запаху ВВ в піднятому керні.

Параметричною свердловиною 479 Новодиканською, в інтервалі глибин 4470-4480 м розкрито верхньовізейський продуктивний горизонт В-20 (В-22 (?)), складений пісковиком пористістю 10-12 %. При його випробуванні отримано приплив газу  $Q_6 = 21,5$  тис. м<sup>3</sup>/добу.

На Родниковій площі в пошуковій свердловині 3 при випробуванні піщано-аргілітових пластів в інтервалі 5184-5200 м (горизонт В-16) отримано не стабілізований приплив газу дебітом 46 тис. м<sup>3</sup>/добу на 8 мм діафрагмі. Крім того, при сумісному випробуванні інтервалів 5226-5224 м та 5311-5345 м (горизонти В-16, В-17) отримано приплив газу дебітом – 7,6 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Виконано кілька спроб опошукування візейських відкладів і на Семенцівській структурі. Пошукова свердловина 2 Семенцівська (5300 м), пробурена в межах скинутого блоку, зупинена вибоєм у верхній частині XI МФГ, розкривши кілька малопотужних ущільнених піщаних пластів, стратиграфічно приурочених до горизонту В-15. В межах припіднятого блоку структури пробурено дві свердловини – 51 та 507 Семенцівські, глибинами 5660 м та 5850 м, відповідно. Свердловинами в розрізі верхньовізейських горизонтів В-16 та В-17, розкрито кілька пластів ущільнених газонасичених пісковиків, представлених дрібнозернистими, темно-сірими, кварцовими різностями з високим вмістом СаСО<sub>3</sub>. Пористість, визначена при дослідженні кернових зразків відібраних в свердловині 507, коливається в межах 2-5 %, проникністю від 0,01 до  $0,51 \times 10^{-15}$  см<sup>2</sup>. В значній кількості досліджених зразків фільтраційно-ємнісні параметри не визначені через їх руйнацію, що може свідчити на існування суттєвої тріщинуватості. За даними промислово-геофізичних досліджень пористість пісковиків коливається в межах 5-10 %. При розкритті верхньовізейського розрізу встановлені інтенсивні газопроявлення, пов'язані з розкриттям газонасичених пісковиків в зоні аномально високих пластових тисків, а їх розбурювання проводилось при використанні промивних рідин питомою вагою 1,85-1,88 г/см<sup>3</sup>. При випробуванні свердловин припливів пластового флюїду не отримано, що ймовірно пов'язане з суттєвою кольматацією розрізу.

Разом з тим, зазначена територія відома значними за запасами покладами газу, що акумулювалися в товщі верхньосерпуховських відкладів нижнього карбону, опошукування та розробка яких на тривалий період відволікла увагу від продовження досліджень з вивчення візейського продуктивного комплексу.

Відновлення робіт в значній мірі викликане виснаженням запасів покладів, які уже тривалий час перебували в розробці і пошуками шляхів відновлення їх ресурсного потенціалу та активнішого залучення приватних інвесторів до процесу вивчення надр. Саме завдяки останньому вдалося відкрити нове Східно-Петренківське газоконденсатне родовище, де за результатами буріння та випробування пошукової свердловини 6 (5600м, С<sub>1v2</sub>), було встановлено промислову газоносність пісковиків верхньовізейських продуктивних горизонтів В-17 та В-16, на захід від Гоголівського родовища.

Відновило геолого-розвідувальні роботи також і АТ «Укргазвидобування». В межах ліцензійних ділянок були проведені 3D сейсмічні дослідження. За їх результатами деталізовано геологічну будову Байрацького, Роднікового, Семенцівського та Абазівського родовищ, що дало змогу підготувати кілька перспективних об'єктів для постановки пошуково-розвідувального буріння з метою пошуку нових та дорозвідки раніше виявлених покладів вуглеводнів. Було пробурено та введено в експлуатацію кілька розвідувальних свердловин по верхньосерпуховському продуктивному комплексі. Розпочаті роботи на верхньовізейські відклади в межах Роднікового та Семенцівського родовищ.

За рахунок буріння похило-скерованої розвідувальної свердловини глибиною 5850 м на Родніковому вперше встановлено промислову продуктивність пісковиків горизонту В-17. З горизонту піднятий kern представлений пісковиками сірого кольору від середньокрупнозернистого до грубо-крупнозернистого на глинистому слабокарбонатному цементі порово-контактного типу. Визначено, що породи відкладалися вірогідно в перехідних між

морем та континентом умовах та віднесені до фацій русла рукава дельти. За результатами досліджень встановлено, що пористість в піднятих зразках коливається в межах 4,82-9,05%, а проникність від 0,854 до  $42,523 \cdot 10^{-15}$ , м<sup>2</sup>. При випробуванні в експлуатаційній колоні ущільнених газонасичених пісковиків гор. В-17 з пористістю, за ГДС, до 7,5% отримано стабілізований високодебітний приплив газоконденсатної суміші.

На Семенцівській структурі, в межах її скинутого сегменту, споруджено вертикальну пошукову свердловину глибиною 6076 м, якою пройдено типовий для верхів XI та XII МФГ розріз (схожий до розрізів раніше пробурених на структурі свердловин), а в інтервалі глибин 6015-6050 м вперше розкрито дві пачки газонасичених пісковиків пористістю, за ГДС, 7-10%, стратиграфічно віднесених до верхньовізейського горизонту В-19-20. Свердловина знаходиться на стадії підготовчих робіт з випробування.

За результатами зіставлення розрізів пошукових свердловин, пробурених на Семенцівському родовищі, в західній частині структури зафіксоване скорочення потужностей як відкладів XI-XII МФГ в цілому, так і піщаних пластів в розрізі окремих продуктивних горизонтів. Стратиграфічне неузгодження у вигляді поступового виклинювання зазначених відкладів в свій час зафіксоване по матеріалах сейсмічних досліджень МСГТ (с.п.46/93. СУГРЕ 1995р), де було простежено границю поширення клиноформ на рівні залягання горизонтів XII МФГ (гор.В-17-В-20). Останнє знайшло своє підтвердження і в матеріалах новітніх сейсмічних досліджень проведених за технологією 3D, якими крім того також встановлення поступове зменшення в західному напрямку потужностей більш глибоко залягаючого розрізу XIIa мікрофауністичного горизонту. Останні через значні глибини залягання, на ділянці робіт виявилися зовсім не опошукваними бурінням.

Необхідно відмітити, що у зазначений період розвитку западини, відбувалося чергування умов осадконакопичення з переважанням басейнової седиментації в умовах трансгресуючого моря із короткочасними регресивними періодами [2]. Завдяки чому створювалися сприятливі умови для формування літологічних об'єктів пов'язаних з відклади мілководноморських фацій приберегових течій, авандельт, конусів виносу, турбідитів та інших фацій, перехідних від континенту до моря [2].

Відклади XIIa МФГ є самостійними об'єктами опошукування на Рудівсько-Червонозаводському, Луценківському, Свиридівському та кількох об'єктах де геологорозвідувальні роботи проводить АТ «Укргазвидобування», серед яких можна виділити Комишнянське родовище.

Комишнянське газоконденсатне родовище може розглядатися певним аналогом для обґрунтування перспектив нафтогазоносності верхньовізейського продуктивного комплексу на структурах розташованих в межах південного схилу Орданівського прогину, адже має ряд схожих рис у геологічній будові та умовах осадконакопичення. Вона також розташоване на пологому моноклінальному схилі який в північній частині плавно переходить в Березоволукський прогин. Промислова газонасність пісковиків верхньовізейського підярусу нижнього карбону (XI-XII МФГ) встановлена в межах кількох виявлених сейсмічними дослідженнями малоамплітудних піднять (Південно-Комишнянського, Бакумівського та Комишнянського). Після зміщення геолого-розвідувальних робіт в сторону більш зануреної північної частини спецдозволу, розвідувальними свердловинами на родовищі була встановлена промислова газонасність відкладів XIIa МФГ, за межах присклепінних ділянок вищезазначених структур. За результатами нещодавно проведених широкоазимутальних 3D сейсмічних досліджень, в умовах зануреної північної частини спецдозволу, в низах візейської теригенної частини розрізу зафіксоване крупне стратиграфічне неузгодження. Потужність стратиграфічного об'єкту поступово зменшується в південному напрямку (напрямку здійснення пластів), аж до повного його зникнення на широті центральної частини Комишнянського спецдозволу, де вона повністю виклинюється на лінії параметричних свердловин №№ 488 Комишнянської та 424 Бакумівської, що чітко відображається на матеріалах сейсмічних досліджень. І навпаки, в північному напрямку, потужність виявленого

літологічного об'єкту збільшується. Свердловинами, що буряться в умовах північних околиць Комишнянського родовища та південно-західної частини Скиданівської ліцензійної ділянки, розкриваються потужні пачки газонасичених пісковиків стратиграфічно приурочених до відкладів ХІІа МФГ верхньовізейського підярусу нижнього карбону. Не дивлячись на інтенсивне розбурювання даного об'єкту, поки що жодною із пробурених свердловин, ще не розкрито в його розрізі водонасичених пластів. [3, 4]

Наявність схожих фаціальних умов можна спрогнозувати і на структурах розташованих в межах південного схилу Орданівського прогину (Східно-Петренківській, Гоголівській, Байрацькій. Семенцівській та ін.), які можуть розглядатися перспективними об'єктами для проведення пошукових робіт на відклади ХІІа мікрофауністичного горизонту.

У світлі викладеного вище можна резюмувати, що проведені останніми роками нафтогазопошукові дослідження на зазначеній території та прилеглих до неї частинах западини, вказують на перспективи виявлення на її теренах нових газових покладів, які залягають на великих глибинах, в зоні аномально високих пластових тисків та температур. Вивчення перспективних ділянок повинне розпочинатися насамперед із проведення високоточних широкоазимутальних 3D сейсмічних досліджень, які в значній мірі повинні суттєво знівелювати високі ризики геологорозвідувальних робіт пов'язаних зі значними глибинами залягання продуктивних нафтогазоносних товщ (понад 6 км).

#### **Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України. Том І, ІІ // – Львів, 1998.
2. Айзенберг Д.Є. Геологія та нафтогазоносність ДДЗ: Стратиграфія. Київ: Наук. думка, 1988. 148 с.
3. Мачужак, М. І. Перспективи відкриття значних за запасами родовищ газу на великих глибинах у Дніпровсько-Донецькій западині / М.І. Мачужак, А.В. Лизанець // Нафтогазова галузь України. 2013. № 3. С. 20–23.
4. Гоцинець. О.С . Прогнозування зони нафтогазонакопичення в центральній частині ДДЗ на прикладі Комишнянсько-Скиданівської ділянки / О.С.Гоцинець, В.С.Локтев, М.І. Мачужак, В.І. Репринцев // Матеріали сьомої міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування». 2021. Т.1. С. 143–146.

## **СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ЙМОВІРНІСТЬ ВИЯВЛЕННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У ПАЛЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗОНИ КРОСНО**

*Михалевич І.Л.<sup>1</sup>, к. геол. н., Гунда М.В.<sup>1</sup>;*

*Бодлак В.П.<sup>2</sup>; Туркус П.Б.<sup>2</sup>;*

*Граб О.І.<sup>2</sup>; Малетич Ю.І.<sup>2</sup>,*

*1 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,*

*2 – ЛВ УкрНДІгазу, м. Львів, Україна*

Незважаючи на тривалу історію вивчення Західного регіону все ще залишається тектонічні одиниці, щодо яких немає однозначної відповіді про їх геологічну будову та перспективи нафтогазоносності. Однією з них є зона Кросно, в якій через складні поверхневі умови до цього часу є обмежений обсяг геолого-геофізичної інформації.

## **STRUCTURAL AND GEOLOGICAL FEATURES OF THE STRUCTURE AND THE PROBABILITY OF DISCOVERING UNTRADITIONAL HYDROCARBON DEPOSITS IN THE PALEOGENE DEPOSITS OF THE NORTHWESTERN PART OF THE KROSNO ZONE**

*Mykhalevych I.<sup>1</sup>, PhD; Hunda M.<sup>1</sup>;*

*Bodlak V.<sup>2</sup>; Tyrkus P.<sup>2</sup>;*

*Hrab O.<sup>2</sup>; Maletych Y.<sup>2</sup>,*

*1 – JSC «Ukrigasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,*

*2 – LB UkrNDIgas, Lviv, Ukraine*

Despite the long history of studying the Western region, there are still tectonic units for which there is no definitive answer about their geological structure and oil and gas potential. One of them is the Krosno zone, where, due to difficult surface conditions, there is still a limited amount of geological and geophysical information

Кросненська зона Складчастих Карпат займає більш внутрішнє положення по відношенню до Скибової і розташована в центральній частині гірської споруди.

На протязі своєї історії геологічного вивчення вона фігурувала під різними назвами: центральна синклінальна зона, центральна карпатська депресія, Сілезька зона.

На північному сході вона насунута на Скибову зону Складчастих Карпат, на південному заході перекривається насувом Дуклянської і частково Чорногорської зон.

За літолого-стратиграфічними ознаками тут виділяються крейдові та палеогенові відклади. Крейдові відклади представлені нижнім і верхнім відділами.

З палеогенових відкладів в Кросненській зоні найбільш розповсюджені породи олігоцену, який представлений товщею 2500-3000 м, в переважній більшості піщано-глинистими відкладами.

Кросненська зона Складчастих Карпат, як і вся центральна частина Карпатської гірської споруди вивчена значно менше по відношенню до інших структурно-тектонічних одиниць регіону. Однією з причин є невелика кількість відкритих родовищ (Лютнянське, Гринявське) та відсутність видобутку, другою не менш важливою причиною є важкодоступний гірський рельєф для виконання геологорозвідувальних робіт.

Центрально-Карпатська зона вивчалась сейсморозвідкою впродовж останніх 30-40 років. За результатами виконаних регіональних, пошукових геофізичних робіт спрогнозовані найбільш перспективні площі стосовно відкриття нових покладів та родовищ вуглеводнів.

Промислові припливи газу отримано на Бітлянській та Боринській площах. При бурінні параметричної свердловини 1-Бориня глибиною 4873 м із відкладів олігоцену отримано аварійне фонтанування газом.

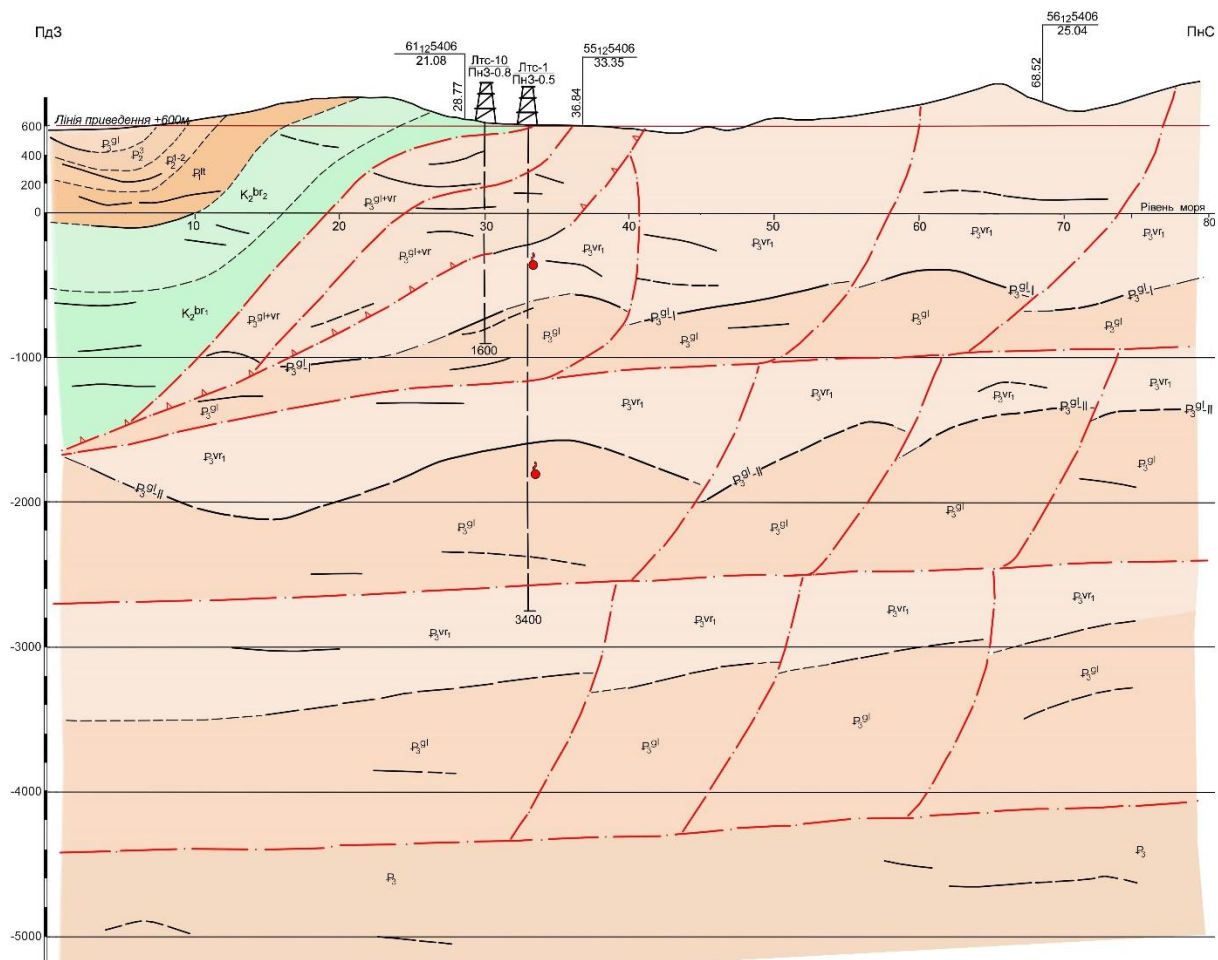
Параметрична свердловина 1-Лютнянська з фактичною глибиною 3400 м та розкриттям відкладів олігоцену була закладена за даними геологічного картування. В результаті буріння



свердловини були відмічені газопрояви в інтервалі глибин (3400-3285 м, 3269-3260 м, 3256-3252 м та ін.). За результатами пластовипробувача з інтервалу 1087-1008 м ( $P_3$ ) отриманий приплив газу з орієнтовним дебітом 22,5 тис.м<sup>3</sup>/добу. В результаті випробування перспективних об'єктів у стаціонарному режимі промислових припливів вуглеводнів не отримано.

Пошукова свердловина 10-Лютнянська глибиною 1600 м та вибоєм у відкладах відкладів олігоцену була закладена з врахуванням отриманих геологічних результатів параметричної свердловини 1-Лютнянська. Фактична глибина свердловини 10-Лютнянська склала 1600 м з розкриттям відкладів олігоцену (головецька світа). За результатами випробувань перспективних об'єктів, які були виділені за даними промислово-геофізичних досліджень, промислових припливів вуглеводнів не отримано.

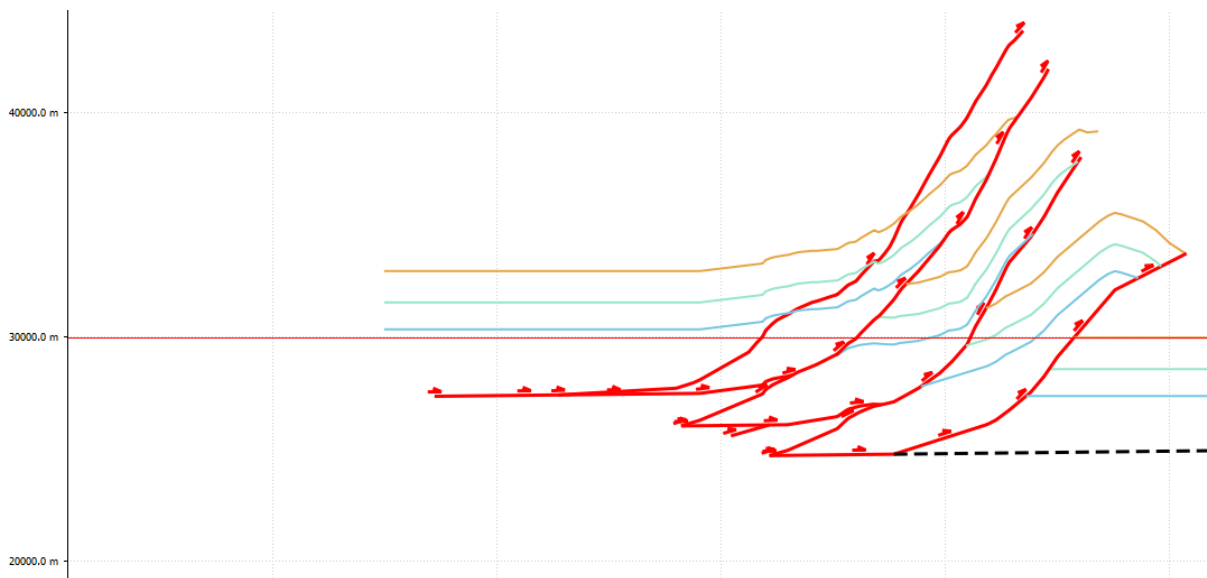
Паралельно з бурінням свердловин впродовж 2006-2011 рр. виконувались сейморозвідувальні роботи 2D МСГТ, проте отриманий матеріал є досить складним для інтерпретації. За результатами звітних робіт умовно закартовано два яруси складок по покрівлі головецької світи олігоцену. Складки другого ярусу до деякої міри конформні по відношенню до першого. На окремих сейсмічних профілях прослідковувались динамічно виразні відбиття віднесені до гіпотетичного третього ярусу (рис. 1).



**Рис. 1. Фрагмент сейсмогеологічного розрізу, що ілюструє уявлення про геологічну будову за результатами виконання 2D сейморозвідувальних робіт 2006-2011 рр. [1]**

За результатами перегляду наявного геологічного матеріалу фахівцями АТ «Укргазвидобування» та УкрНДІгазу запропоновано інший підхід до геологічного моделювання, а саме не використовувати ярусність насувних структур по типу будови Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину, а спробувати на основі палінспатичних реконструкцій змодельовати насуви лусок за типом Скибової зони (рис. 2).





**Рис. 2. Збалансований розріз району Лютнянського родовища  
(за даними Бубняк І., Бубняк А., 2023 р.)**

Уточнення геологічної будови безумовно важливе для успішного проведення пошуково-розвідувальних робіт та отримання із пробурених свердловин промислових припливів вуглеводнів, проте ще одним важливим фактором є ресурсний потенціал. На даний час згідно даних державного балансу України запаси традиційних покладів газу Лютнянського родовища оцінено в 957 млн м<sup>3</sup> газу (коди класів 122+222 та 332), проте чи достатній цей об'єм зважаючи на складні поверхневі умови та відсутність поряд інфраструктури для транспортування видобутого газу? Враховуючи відсутність видобутку в межах Бітля-Боринських об'єктів, Лютнянського та Гринявського родовищ – ні. Тому нами запропоновано врахувати високу ймовірність виявлення нетрадиційних покладів вуглеводнів в цій зоні з метою покращення проєктних економічних розрахунків.

Для обґрунтування комерційної доцільності розробки нетрадиційних покладів вуглеводнів необхідно відповісти на ряд питань, а саме:

- об'єм ресурсного потенціалу повинен перевищувати об'єми традиційних покладів;
- достатня проникність;
- надлишковий тиск.
- наявність природньої тріщинуватості;
- вміст органічної речовини;
- чи досягли відклади термічної зрілості для утворення ВВ;
- геомеханічні характеристики;

Щодо першого пункту – нами було зіставлено загальну товщину газонасичених об'єктів з пористістю понад 7% (традиційні поклади) у свердловинах Лютнянського родовища із товщинами ущільнено-газонасичених пластів (пористість 5-7%). Відповідно до цього зіставлення, товщина пластів із пористістю 5-7% перевищує в середньому товщину пластів із пористістю понад 7% у три рази.

Проникність пластів головецької та верховинської світи із пористістю 5-7% достатня, про що свідчать результати стаціонарного випробування – отримано приплив газу дебітом близько тисячі м<sup>3</sup> в низці свердловин Лютнянської, Жденієвської, Боринської площ. Також важливим чинником є перевищення пластового тиску над гідростатичним, що складає в цій зоні 1,05-1,4.

Для цієї зони характерною є тріщинуватість порід, проте найбільш відкриті тріщини заповнені кальцитом.

Останні три пункти потребують детальних дослідження наявного кернового матеріалу і ці результати будуть ключовими для остаточної відповіді про доцільність оцінки нетрадиційних покладів вуглеводнів у Кросненській зоні, хоча згідно з літературними джерелами, вміст органічної речовини є на достатньому рівні (рис. 3), а олігоценові породи досягли термічної зрілості.

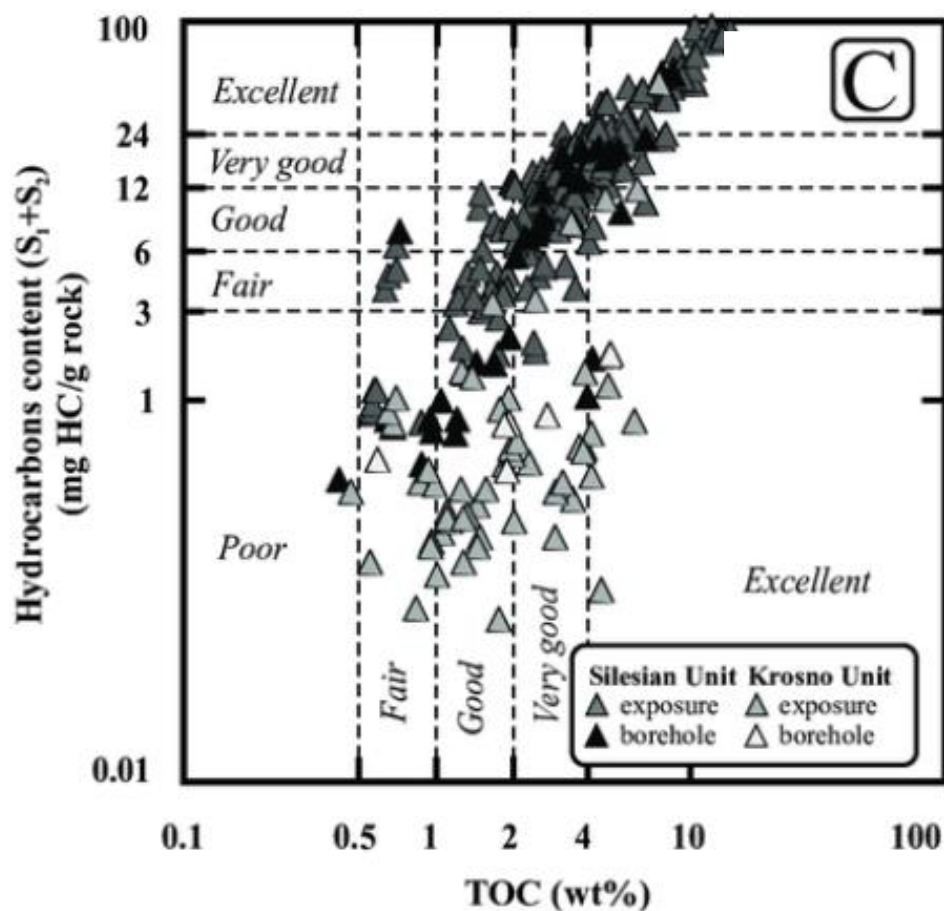


Рис. 3. Діаграма якості джерела нафти для палеогенових відкладів з (А) польської та української частини [2]

**Список використаних джерел:**

1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. У 8 кн. Кн.2 Західний нафтогазоносний регіон (Крупський Ю.З. та ін.) НАК «Нафтогаз України». К.: Ніка-Центр, 2014 р., 400 с.
2. P. Kosakowski, Y. Koltun , G. Machowski , P. Poprawa and B. Papiernik. The geochemical characteristics of The oligocene – lower miocene menilite formation in the polish and Ukrainian outer Carpathians: a review.

## НОВІ ПОГЛЯДИ НА ГЕОЛОГІЧНУ МОДЕЛЬ НИЖНЬОСАРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

*Гоцинець О.С.<sup>1</sup>, Владика В.М.<sup>3</sup>, vladika.vitaliy@ugv.com.ua,*

*Алєйнік У.В.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,*

*Савчук О.В.<sup>3</sup>, oleksandr.v.savchuk@ugv.com.ua,*

*Андрейчук М.М.<sup>3</sup>, к. геол. н., науковий співробітник, mykhailo.andreichuk@ugv.com.ua,*

*Дяків Н.В.<sup>3</sup>, науковий співробітник, nadiia.diakiv@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,*

*2 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна,*

*3 – ЛВ УкрНДІгазу, м. Львів, Україна*

У публікації розглянуто нові погляди на геологічну модель північно-західної частини Більче-Волинської зони Передкарпатського прогину нижньосарматських відкладів та особливості тектоніки верхньомоласових відкладів неогену, по новому проаналізовано систему розривних тектонічних порушень та виділено основні чинники формування структурних форм всередині неогенового комплексу.

## A FRESH APPROACH TO GEOLOGICAL MODEL OF LOWER SARMATIAN SEDIMENTS IN NORTHWEST PART OF BILCHE-VOLYTSKA ZONE WITHIN CIS-CARPATHIAN TROUGH

*Hotsynets O.<sup>1</sup>, Vladyka V.<sup>3</sup>, vladika.vitaliy@ugv.com.ua,*

*Aleynik U.<sup>2</sup>, uliana.alieinik@ugv.com.ua,*

*Savchuk O.<sup>3</sup>, oleksandr.v.savchuk@ugv.com.ua,*

*Andreichuk M.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate, mykhailo.andreichuk@ugv.com.ua,*

*Diakiv N.<sup>3</sup>, Research Associate, nadiia.diakiv@ugv.com.ua,*

*1 – JSC Ukgasvydobuvannya JSC, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Production Branch Lvvgasvydobuvannya, Lviv, Ukraine,*

*3 – Lviv, UkrNDIgas (Institute), Lviv, Ukraine*

The publication reconsiders the geological model of Lower Sarmatian sediments in the northwest part of the Bilche-Volytska zone of the Cis-Carpathian trough and tectonic features of Upper Molasse formations of Neogene; takes a fresh approach to the analysis of the tectonic fault systems, identifies key factors affecting the formation of Neogene structures.

Ділянка досліджень охоплює північно-західну частину Косівсько-Угерської підзони Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, до якої в теригенному розрізі нижньосарматського комплексу приурочений цілий ряд газових родовищ, основні з яких Свидницьке і Рудківське. Вивчення нафтогазоносності цієї території проводиться починаючи з 50-х років минулого століття. Вона покрита густою сіткою регіональних і деталізаційних сейсмічних профілів, а в межах відкритих родовищ достатньо висвітлена пошуково-розвідувальним і експлуатаційним бурінням. Великий обсяг геологічної інформації отримана і за межами відкритих родовищ, що дало змогу створити цілісну геологічну модель значної території. Основна увага приділялась уніфікації геологічної будови баден-сарматського комплексу, яка включала детальну кореляцію розрізів свердловин, уточнення стратиграфічної прив'язки горизонтів відбиття, простеження поширення продуктивних горизонтів по латералі та вивчення їх літологічної мінливості. По новому проаналізовано систему розривних тектонічних порушень, що може бути використано при уточненні геологічної будови відкритих газових родовищ та перспективних ділянок.

На даний час більшість існуючих геологічних моделей відкритих газових родовищ в межах ділянки досліджень базуються на блоковій будові сарматського комплексу, запропонованій В. Глушком в 1959 р [1]. Більшість покладів вуглеводнів представлені як тектонічно екрановані чи комбіновані. Екрануючу роль відіграють різноамплітудні та різнонаправлені тектонічні скиди, головні з яких регіональні - Краковецький, Судово-Вишнянський і Городоцький. Перший з амплітудою по горизонту відбиття «ГА», що перевищує 2500 м, згідно існуючої регіональної моделі, відділяє Косівсько-Угерську підзону від Крукеницької западини, другий – розділяє підзону на два повздовжні мегаблоки: опущений Бунівський і гіпсометрично припіднятий Рогізненський і третій умовно обмежує Зовнішню зону Передкарпатського прогину з північного заходу.

Починаючи з 50-х років минулого століття цілим рядом дослідників [2,3] висувалась ідея ерозійної природи донеогенової поверхні та успадкованого характеру структурних форм баден-сарматської товщі. В межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину сейсмічними дослідженнями, глибоким та структурно-пошуковим бурінням встановлено три крупні ерозійні палеодолини: Коломийську – в південно-східній частині, Ходорівську – в центральній і Малогорожанську – на північному заході. Остання на початковій стадії, скоріш за все, формувалась як відгалуження Ходорівської, проте внаслідок нерівномірного гравітаційного сповзання мезо-кайнозойської товщі до найбільш зануреної притальвегової частини палеорусл була ізольована в самостійний палеоструктурний елемент, про що свідчить утворення низки вузьких атниклінальних піднять, утворених за рахунок тангенціальних напруг вздовж Городоцького палеосхилу. До двох з них (Городоцького і Турабівського) приурочені одноіменні газові родовища.

Південно-східніше вздовж всієї ділянки досліджень в донеогеновій основі простежується крупне валоподібне підняття, розбите вузькими сідловинами на ряд акомформних піднять: Коханівське, Вижомлянське, Вишнянське, Добрянське, Рудківське і Південно-Грабинське. Останнє південно-східніше через малоамплітудний перегин поступово переходить у Південно-Меденицьку структуру. Північно-східні схили піднять більш пологі і ускладнені малоамплітудними підняттями, південно-західні крутіші і на фоні моноклінального занурення ускладнені структурними виступами. Простежується суттєве затухання крутизни схилів в межах розвитку консеквентних палеорусел.

Гіпсометрично опущена південно-західна частина Косівсько-Угерської підзони ускладнена меншими за розмірами ерозійними останцями, до яких в осадовому комплексі неогену приурочені три смуги додатніх структур. Перша з них безпосередньо прилягає до південно-східного схилу валоподібного підняття, друга простягається по середині гіпсометрично опущеної частини підзони і третя поширюється вздовж північно-східної межі Крукеницької западини, природа якої на сьогоднішній день до кінця невивчена.

На українській території в межах западини неогеновий комплекс незгідно перекриває філітизовані сланці рифею, при цьому розкриті північно-східніше за межами Краковецького скиду відклади палеозою та юри відсутні і pojawiaються північно-західніше на території Польщі поступово омолоджуючи розріз донеогенової основи в цьому ж напрямку до витоків ймовірного палеорусл, дно якого представлене багаточисельними меандрами. На території України донеогенова поверхня ускладнена повздовжніми валоподібними підняттями, найбільше з яких об'єднує Хідновицьку, Садковицьку, Пинянську та Залужанську структури. Північно-східний борт западини на протязі довготривалого геологічного часу поступово піддавався активній ерозії, ускладнюючись високими куєстами. Останні задовільно простежуються в необробленому 3D кубі на Грушівській ділянці а також зафіксовані сейсмічними дослідженнями на Верещицькій та інших ділянках по наближенню до зони розвитку Ходорівських палеоврізів. До перетину із центральним тальвегом Ходорівської палеодолини глибина останніх зростає досягаючи відмітки донеогенової основи Крукеницької западини. Все це дає підстави допускати ерозійну природу западини і те, що на початку неогенового осадконагромадження вона могла утворювати єдину палеогеоморфологічну систему з палеоруслами припіднятої частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Вверх по розрізу проходить поступова пенепленізація структурних планів як в межах Крукеницької западини, так і гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони. Схили структур облягання донеогенової основи стають більш пологі. В нижній частині сарматського розрізу в апікальних частинах Рудківського і Добрянського піднять простежується локальна перерва в осадконагромадженні. Відклади продуктивного горизонту НД-12 з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекривають нижче залягаючий баден-сарматський комплекс (відклади горизонтів НД-14 ÷ 15 сармату і косівської та тираської світ бадену), а в окремих свердловинах залягають на карбонатних утвореннях мезозою.

Тектонічна активність в північно-західній частині Зовнішньої зони прогину на протязі міоценової седиментації проявлялась у вигляді плавних синхронних вертикальних коливань, що позначилось нагромадженням відносно однорідних флішеподібних верств бадену і сармату. Товщини горизонтів і літологічні особливості розрізу в більшості випадків контролювались

палеогеоморфологічними особливостями дна басейну седиментації, а ритмічність літологічних пачок пов'язана з циклічністю тектонічних рухів, що проявились в процесі формування Карпатської споруди, яка була основним джерелом постачання теригенного матеріалу. Через значну віддаленість від берегової лінії транспортування осадів відбувалось, в основному, підводними течіями. Ділянки з підвищеною піскуватістю для нижньої частини сарматського розрізу, як правило, приурочені до схилів і притальвегових частин захороненого палеорельєфу. Значну роль при цьому відіграють і експозиції схилів. В більшості випадків піщано-алевролітові верстви з покращеними ємкісно-фільтраційними властивостями притаманні палеосхилам з південно-західною експозицією, що підтверджує домінуюче карпатське походження основної частини уламкового матеріалу.

По мірі компенсації ерозійного палеорельєфу та за рахунок короткочасної внутріфаціальної перерви осадконагромадження пройшла значна перебудова структурних планів, що в багатьох випадках відобразилось суттєвим зміщенням апікальних частин додатних структур в сторону поглиблення басейну седиментації. Гіпсометрично закриті структури, сформовані на схилах палеорельєфу, часто трансформуються в структурні виступи та структурні носи.

Розривні тектонічні порушення в баден-сарматському розрізі представлені безкореневими гравігенними скидами орієнтованими вздовж крутих схилів еродованої донеогенової поверхні (Городоцький, Судово-Вишнянський і Краковецький), від яких у верхній частині розрізу відгалужуються підпорядковані антитетичні (компенсаційні) скиди [4].

Краковецький регіональний скид, орієнтований вздовж північно-західного борта Крукеницької западини, супроводжується каскадом паралельних розривних порушень. Судово-Вишнянський більше проявився в північно-західній частині ділянки. В південно-східному напрямку він поступово трансформується в малоамплітудну флексуру, яка облягає південно-західні схили локальних структур валоподібного підняття. Вздовж доволі похилого Городоцького схилу в сарматському розрізі простежуються малоамплітудні гравігенні зміщення що тектонічно обмежують з північного сходу невеликі за розмірами напіантикліналі. Внаслідок різниці у швидкостях сповзання осадів на початковій стадії консолідації вздовж вище наведених гравігенних скидів утворилась серія малоамплітудних консеквентних скидо-зсувів, які по простяганню затухають, тому не завжди можуть виконувати роль надійних тектонічних екранів для покладів вуглеводнів.

Виходячи з вище наведеного можна зробити висновок про те, що особливості тектоніки верхньомоласових відкладів неогену північно-західної частини Більче Волицької зони Передкарпатського прогину суттєво відрізняються від тих, що притаманні донеогеновому ложу. Основними чинниками формування структурних форм всередині неогенового комплексу були палеогеоморфологічні особливості ерозійної поверхні та інтенсивність осадконагромадження, що слід врахувати як при моделюванні перспективних об'єктів, так і геолого-економічній оцінці відкритих покладів. Висока ступінь достовірності структурних побудов може бути досягнута на основі широкого впровадження сейсмічних досліджень за технологією 3D.

#### **Список використаної літератури:**

1. Глушко В. В. Тектоника и нефтегазоносность Карпат и прилегающих прогибов. / М.: Изд-во «Недра», 1968. – 263 с..
2. Утробин В. Н. Особенности тектонического строения Внешней зоны Предкарпатского прогиба. // Геологический сборник Львовского геологического общества. – Львов, 1958. № 5-6. – С. 25-42.
3. Андрейчук М. М. Роль донеогенових ерозійних процесів у формуванні структурних елементів Зовнішньої Зони Передкарпатського прогину // Вісник Львівського університету, Сер. геол. – 20.3.
4. Лазарук Я.Г., Заяць Х.Б., Побігун І.В. Гравітаційний тектогенез Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. - Геологія і геохімія горючих корисних копалин, - 2013., № 1-2. – С. 5-16.

## ДОЧЕТВЕРТИННА ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА СТАРУНСЬКОГО ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

*Калиній Т.В., асистент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Омельченко В.Г., к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

**Анотація.** Старунський геодинамічний полігон, де на 60 га геологічної пам'ятки є природно- та техногенно змінені ландшафти з єдиним у Карпатському регіоні грязьовим вулканом, виходами нафти і газу на денну поверхню та унікальними захороненнями забальзованої мамонтової фауни пізнього плейстоцену. Це джерело активних природних змін ландшафтів підсилено техногенними їх змінами - нафторозвідувальними свердловинами та озокеритовими копальнями. Вивчення геологічної будови цього об'єкту, дозволить пізнати природу утворення таких унікальних ділянок Земної кори.

## PRE-QUATERNARY GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE STARUN GEODYNAMIC POLYGON

*Kalinii T., assistant, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Omelchenko V., Cand. Sci. (Geol.), associate professor, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Abstract.** The Starunia geodynamic range, where 60 hectares of geological monuments have naturally and man-made landscapes with the only mud volcano in the Carpathian region, oil and gas outcrops on the surface, and unique burials of embalmed mammoth fauna of the late Pleistocene. This source of active natural landscape changes is enhanced by man-made changes - oil exploration wells and ozokerite mines. Studying the geological structure of this object will allow us to understand the nature of the formation of such unique areas of the Earth's crust.

Богородчанський район є унікальною територією, де природні та техногенні зміни геосистем значної інтенсивності знаходяться поряд з незайманими ландшафтами гірської частини Карпат. Цей район – своєрідна «трансекта», що пересікає з північного сходу на південний захід Передкарпатську височинну рівнину, передгір'я та низькогір'я і нарешті середньо- та високогір'я.

Безпосередньо в передгір'ях Карпат розташований Старунський геодинамічний полігон, де на 60 га геологічної пам'ятки є природно- та техногенно змінені ландшафти з єдиним у Карпатському регіоні грязьовим вулканом, виходами нафти і газу на денну поверхню та унікальними захороненнями забальзованої мамонтової фауни пізнього плейстоцену. Це джерело активних природних змін ландшафтів підсилено техногенними їх змінами – нафторозвідувальними свердловинами та озокеритовими копальнями. А далі, на південний захід, в тому ж Богородчанському районі ми спостерігаємо найбільш екологічно чисті ландшафти Карпатських гір. Тому дослідження природних умов та природних ресурсів цієї території має важливе як науково-теоретичне, так і практичне значення, особливо для геологічного обґрунтування Старунського геодинамічного полігону.

Геологічна будова Карпат вивчалась останні двісті років завдяки відкриттю родовищ нафти і газу, які розроблялись відповідно з 1885 та 1921 рр. Складнобудовану структуру гірської частини Карпат, Передкарпатського прогину та прилеглої частини Східноєвропейської платформи було розшифровано завдяки українським геологам-дослідникам.

Старунський геодинамічний полігон розташований на двох структурно-фаціальних зонах Передкарпатського прогину – внутрішній, Бориславсько-Покутській та середній, Самбірській і межує зі сходу із зовнішньою Більче-Волицькою, а із заходу – зі Скибовою зоною Карпат.

В основі Бориславсько-Покутської та Скибової зон залягають верхньокрейдові флішові, які ритмічно чергуються, піщано-алевролітові відклади стрийської світи, яка перекривається масивними палеоценовими пісковиками яменсько-битківської світи. Вище спостерігається еоценовий фліш манявської, пасічнянсько-вигодської та бистрицької світ (пісковики, алевроліти, аргіліти). Розріз палеогену завершується олігоценним флішем темно-сірих і чорних алевролітів, аргілітів (сланців) тричленної менілітової світи.

На менілітах, іноді зі стратиграфічним неузгодженням, залягає вже інша – моласова



формація нижнього міоцену (егерій), що розпочинається пісковиками поляницької світи. На цьому розріз Скибової зони завершується, а у Бориславсько-Покутській зоні продовжувались нагромадження молас воротищенської соленосної та стебницької теригенної світи. В основі воротищенських відкладів іноді залягають слобідські конгломерати та добротівські піщано-алевритові шари. Ці дві останні світи розпочинають розріз сусідньої Самбірської зони, де вони перекриваються пісковиковими стебницькою, балицькою, богородчанською та глинистими відкладами калуської (з тираськими гіпсами), косівської та дашавської світи.

У Більче-Волицькій зоні внизу – докембрійський фундамент, а вище – журівські шари, тираська, косівська та дашавська світи.

У структурно-тектонічному відношенні Бориславсько-Покутська зона – це накладені одна на одну скиби – насуви з південного заходу на північний схід. В основі кожного насуву, а їх є три-чотири, залягають флішові відклади еоцен-олігоценового віку, характерним розрізом яких є свердловина Надія-1. Верхня частина флішу – менілітова світа олігоцену (чорні аргіліти, алевроліти, пісковики) рахується нафтоматеринською і характеризується високим вмістом органічної речовини (до 20%). Вище залягають моласові утворення нижнього міоцену (воротищенська світа), які є покришкою для нафтових і газових покладів. Це – пісковики, конгломерати, гравеліти, алевроліти, аргіліти, насичені галітовими і сільвіновими солями, що залягають як окремими шарами, так і заповнюють тріщини або цементують теригенні породи.

На південь і південний захід від Старуні у палеогенових і неогенових відкладах Бориславсько-Покутської та Скибової зон відкрито шість родовищ нафти і газу – Гвіздецьке, Південно-Гвіздецьке, Монастирчанське, Пнівське, Пасічниське та Битків-Бабчинське.

На північній околиці Старунського геодинамічного полігону у відкладах воротищенської світи розвідане Старунське родовище природних солей, яке є південним флангом Росільнянсько-Марківської соленосної структури. За даними Г.І. Рудька загальна потужність солей досягає 500 м, а у складі Старунського родовища є як кам'яні, так і калійні солі з підрахованими запасами у 32,8 млн т. Воротищенські відклади, крім солей, складені глинистими породами з включенням пісковиків і тонкозернистих мергелів з прошарками і лінзами гіпсів, включенням піриту, самородної сірки та уламків гравелітів.

Озокерит Старунського родовища виявлений на глибинах від 10 до 500 м у вигляді лінз та прошарків товщиною від 2 до 30 см (рідше до декількох метрів) у тріщинуватій зоні верхньої частини соленосної воротищенської світи. Іноді зустрічається так званий «озокеритовий камінь», що складається із фрагментів твердих карбонатних пісковиків та гіпсу, покритих озокеритом.

Встановлено, що у Старунській структурі, воротищенські відклади під час формування гірсько-складчастої структури Карпат були стиснуті у складки, в результаті чого у них утворились тріщини. Нафта і газ мігрували із флішових відкладів до земної поверхні, більшість газоподібних вуглеводнів викидалися у атмосферу, рідкі насичували четвертинні відклади, а вищі вуглеводні утворили жили озокериту. Тому у гірських породах Старунської складки виникло одне з найбільших у світі родовище озокериту, а покладів нафти і газу не знайдено. Між тим нафта, яка ще виходить на поверхню, утворюючи «грязьові вулкани», є одним із найважливіших генетичних факторів утворення озокеритових покладів.

Таким чином можна зробити наступні висновки:

1. Для дочетвертинної основи Старунського геодинамічного полігону характерні основні особливості геологічної будови та тектоніки Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину і, частково, її сусідів – Самбірської та Скибової зон, що необхідно врахувати при вивченні Старунського геодинамічного полігону.

2. Унікальним для досліджуваної території є наявність тріади корисних копалин: у нижніх горизонтах розрізу палеогену знаходяться поклади нафти і газу, при складкоутворенні яких вуглеводні були витіснені в апікальну зону Старунської складки, де утворились одні з найбільших у світі поклади озокериту Старунського родовища. А вище, у міоценових відкладах маємо потужні поклади соленосної формації з промисловими запасами калійних та натрієвих солей.

3. Дочетвертинна основа Старунського геодинамічного полігону зіграла важливу роль у формуванні як геологічної пам'ятки «Диво-Старуні» та полігону так і майбутнього міжнародного еколого-туристичного центру «Парк Льодовикового періоду». Тому Старуня претендує не тільки на проведення широкого поля досліджень для геологів, й буде цікавим для краєзнавців, туристів і усіх небайдужих до природи чудового Карпатського краю.

## ВПЛИВ РЕЗУЛЬТАТІВ ГРП НА ЗМІНУ УЯВЛЕНЬ ПРО ГРАНИЧНІ КОНДИЦІЇ ПЛАСТІВ-КОЛЕКТОРІВ ТА ЗАПАСИ ВУГЛЕВОДНІВ

*Бутенко А.В.<sup>1</sup>, andrii.butenko@ugv.com.ua,*

*Штефура П.О.<sup>2</sup>, petro.shtefura@ugv.com.ua,*

*1 – АТ «Укргазвидобування», м. Харків, Україна;*

*2 – АТ «Укргазвидобування», м. Івано-Франківськ, Україна*

На прикладі Єфремівського родовища показано як результати ГРП вплинули на перегляд граничної пористості, і відповідно, привели к збільшенню ефективної газонасиченої товщини продуктивних горизонтів картамишської світи нижньої пермі і запасів вуглеводнів. Збільшення початкових запасів вуглеводнів підтверджується оцінкою запасів газу методом матеріального балансу.

## THE INFLUENCE OF THE RESULTS OF HYDROLIC FRACTURING ON CHANGING CONCEPTS ABOUT THE BOUNDARY CONDITIONS OF RESERVOIRS AND HYDROCARBON RESERVES

*Butenko A.<sup>1</sup>, andrii.butenko@ugv.com.ua,*

*Shtefura P.<sup>2</sup>, petro.shtefura@ugv.com.ua,*

*1 – JSC «Ukrgasvydobuvannia», Kharkiv, Ukraine;*

*2 – JSC «Ukrgasvydobuvannia», Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Using the example of the Yefremivske field, it is shown how the results of fracturing influenced the revision of the porosity cut off, and, accordingly, led to an increase in the effective gas-saturated thickness of the productive zones of the Lower Permian Kartamysh formation and hydrocarbon reserves. The increase in GIIP is proved by the estimation of gas reserves using the material balance method.

Гідравлічний розрив пласта (ГРП) застосовується для збільшення дебітів вуглеводнів, прискорення видобутку та збільшення коефіцієнту вилучення вуглеводнів з певного об'єму гірської породи. Як відомо, в основному цей метод стимуляції використовується в низько- та середньопроникних колекторах. Але чи може приводити застосування ГРП до збільшення балансових запасів вуглеводнів, – це залежить від того, яким чином були прийняті підрахункові параметри (ефективна товщина, пористість, проникність) при оцінці запасів вуглеводнів.

Єфремівське газоконденсатне родовище за величиною початкових запасів газу кат. С<sub>1</sub> (більше 97 млрд м<sup>3</sup>) посідає третє місце серед родовищ в Україні, за величиною балансових запасів газу кат. С<sub>1</sub> – четверте після Шебелинського, Західно-Хрестищенського та Яблунівського родовищ. Майже 88 % залишкових запасів газу зосереджені в картамишських відкладах (17,3 млрд м<sup>3</sup> з 19,7 млрд м<sup>3</sup>), тому до них є особливий інтерес. Незважаючи на той факт, що Єфремівське родовище є виснаженим і пластові тиски знижені, в картамишських відкладах вони є достатніми для проведення інтенсифікації припливів вуглеводнів методом ГРП. І можна сказати, що наразі Єфремівське родовище завдяки ГРП отримало «нове життя», – суттєво збільшилась кількість нових свердловин та видобуток вуглеводнів.

Зазвичай в оцінках запасів вуглеводнів гранична пористість визначається за накопичувальними кривими розподілу коефіцієнта пористості. Згідно «Геолого-економічної оцінки Єфремівського газоконденсатного родовища...» 2020 року гранична пористість для картамишських відкладів складала 9,4%, проникність -  $0,4 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$  [1]. На цей момент на родовищі було виконано ГРП горизонтів А-6-7 тільки в двох свердловинах – 218, 221 (2018 рік). У 2021 році було здійснено ГРП у трьох свердловинах (223, 224, 231), у 2022 році – в трьох (222, 227, 228), і вже на сьогодні у 2023 році – в чотирьох (229, 238, 241, 249). В усіх свердловинах отримані дебіти газу перевищили ті що очікувались, причому лише в двох спостерігались відносно великі темпи падіння дебіту. Слід також зазначити, що при отриманні первинних дебітів 4-14 тис. м<sup>3</sup>/добу вони збільшувались до 57-81 тис. м<sup>3</sup>/добу після проведення ГРП. Завдяки проведенню цієї інтенсифікації річний видобуток по родовищу збільшився з 419 млн м<sup>3</sup> у 2021 році до 458 млн м<sup>3</sup> у 2022 році, і за 8 місяців 2023 року вже складає 355 млн м<sup>3</sup>. При чому видобуток газу саме з картамишських покладів склав 361 млн м<sup>3</sup>, 389 млн м<sup>3</sup> та 308 млн м<sup>3</sup> відповідно.

За результатами випробування свердловин та вимірів пластових тисків були переоцінені запаси газу картамишських горизонтів методом матеріального балансу – якщо в 2021 році вони складали 78 млрд м<sup>3</sup>, то в 2023 – 79 млрд м<sup>3</sup> [2]. Основну частину цього приросту спричинило буріння свердловин в периферійних слабо дренажованих зонах родовища в межах затверджених ДКЗ контурів газоносності. Але виявилось також, що в центральних зонах в розробку були залучені частини пластів, які в оцінці запасів вуглеводнів 2020 року вважались ущільненими.

Так, на схемі кореляції картамишських відкладів по свердловинах 238, 231, 241, 223, 224 (рис. 1, 2) можна бачити, що в результаті ГРП в свердловині була залучена в розробку частини пластів, які в підрахунку запасів вуглеводнів 2020 року не враховувались.

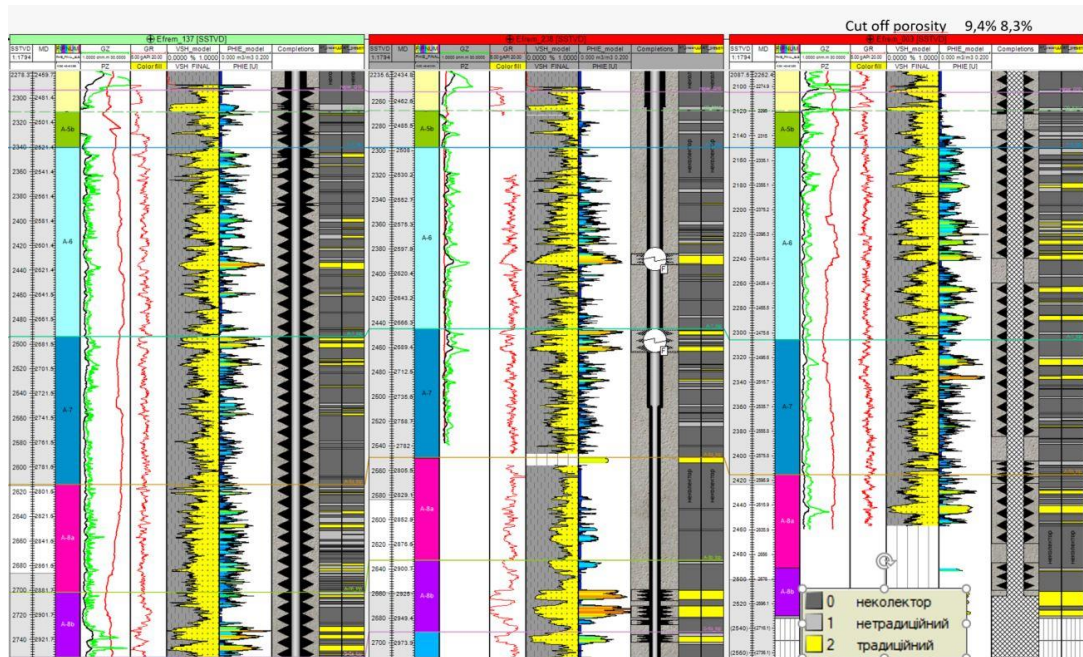


Рис. 1. Схема кореляції горизонтів А-6-8 в свердловинах 137, 238, 3 Єфремівського родовища з виділеними за ГДС продуктивними пластами при різних значеннях граничної пористості

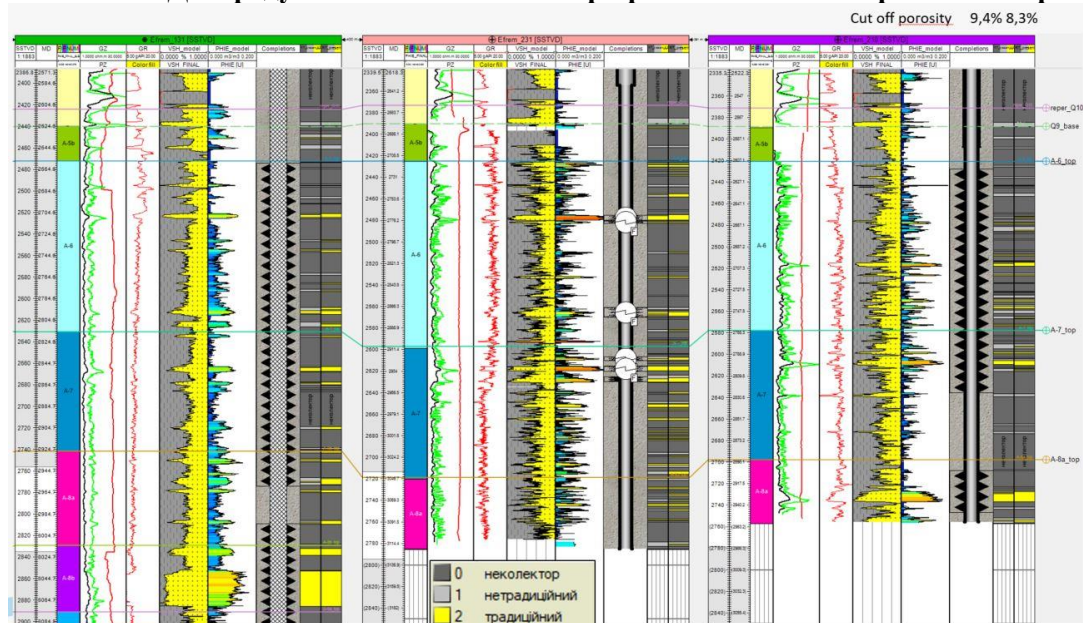


Рис. 2. Схема кореляції горизонтів А-6-8 в свердловинах 131, 231, 210 Єфремівського родовища з виділеними за ГДС продуктивними пластами при різних значеннях граничної пористості



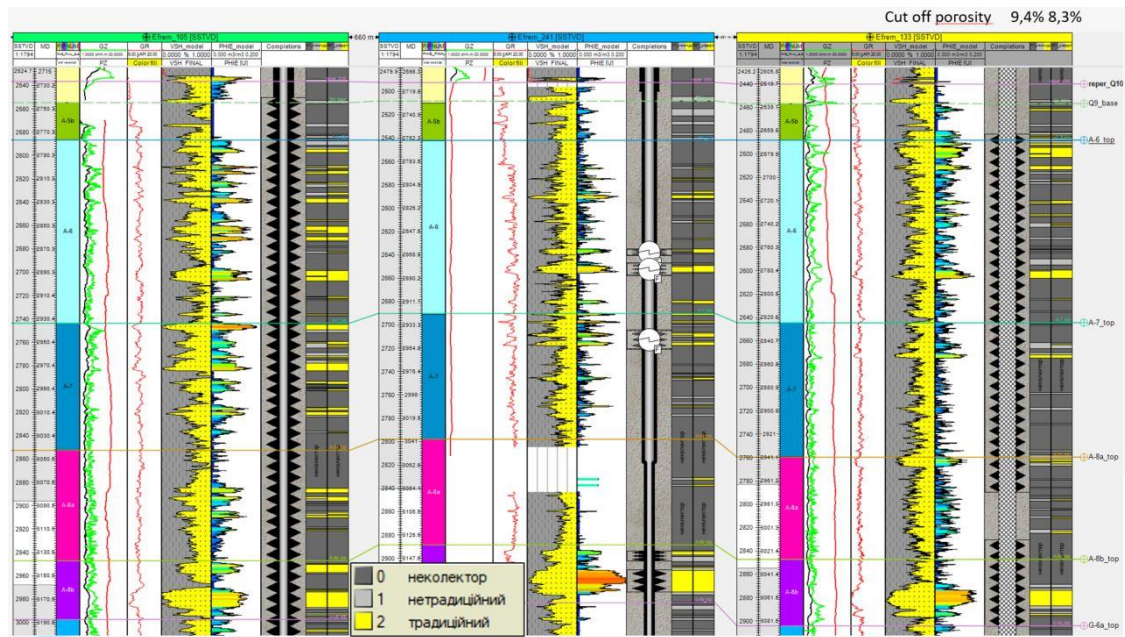


Рис. 3. Схема кореляції горизонтів А-6-8 в свердловинах 105, 241, 133 Єфремівського родовища з виділеними за ГДС продуктивними пластами при різних значеннях граничної пористості

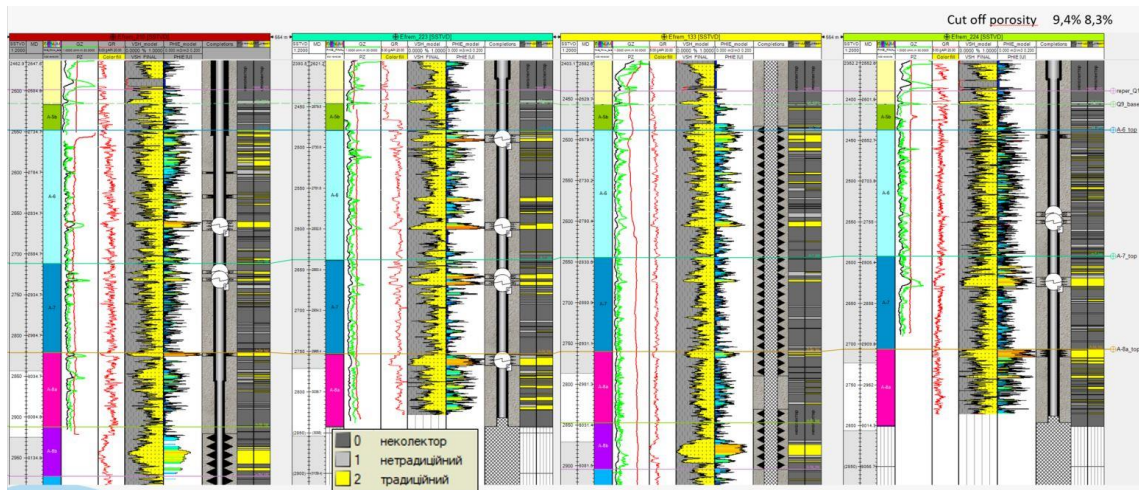
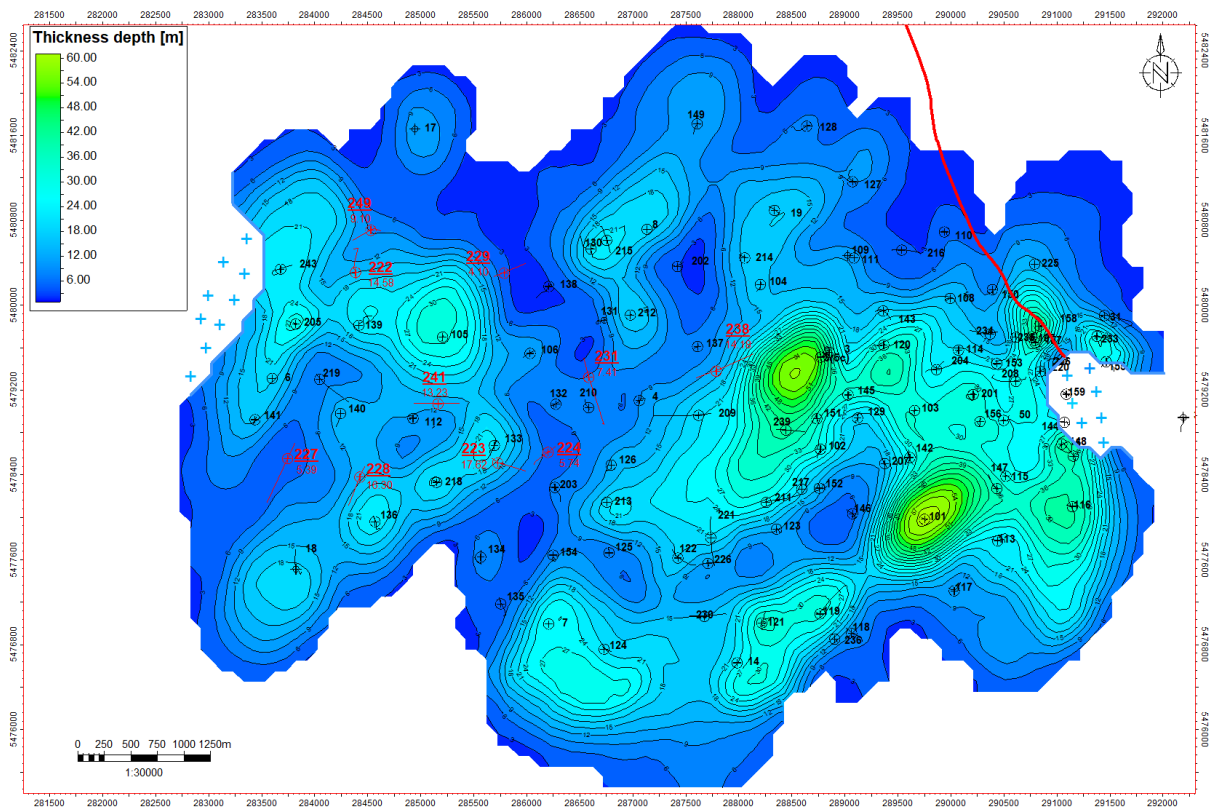
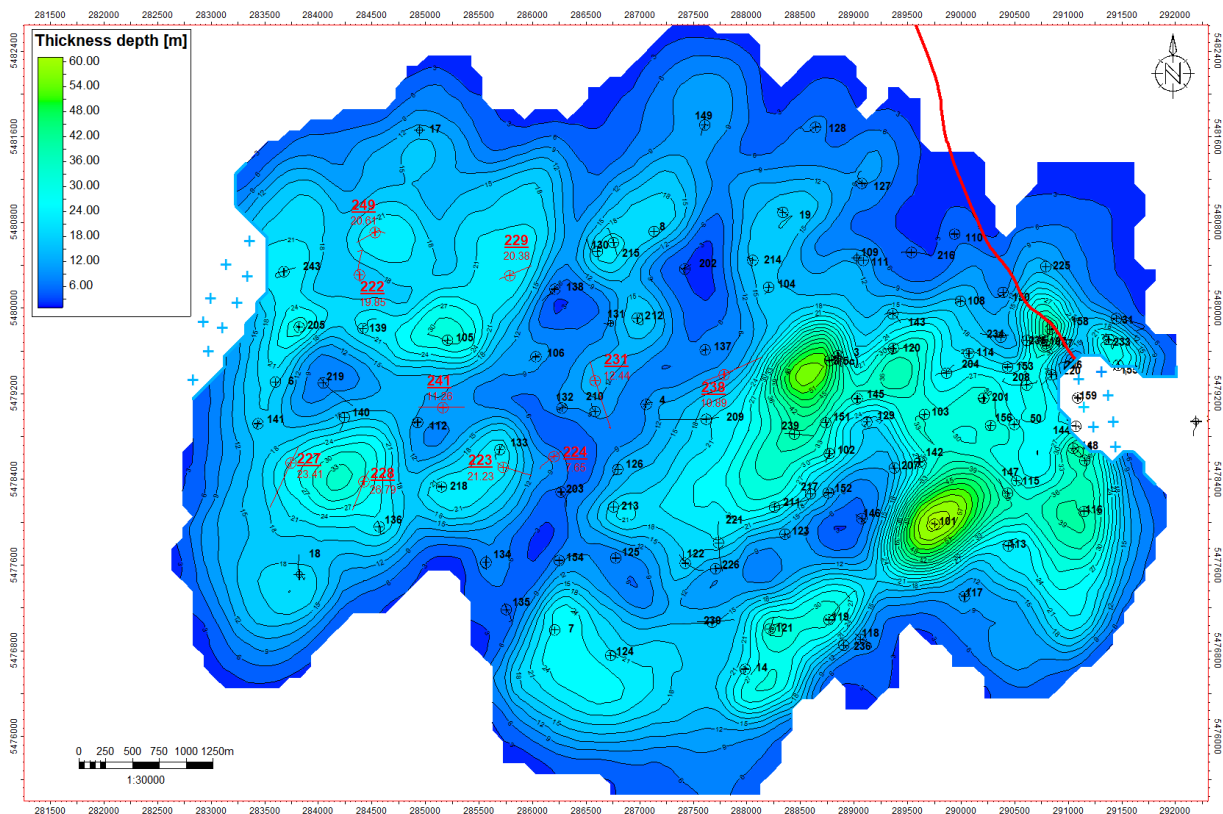


Рис. 4. Схема кореляції горизонтів А-6-8 в свердловинах 218, 223, 133, 224 Єфремівського родовища з виділеними за ГДС продуктивними пластами при різних значеннях граничної пористості

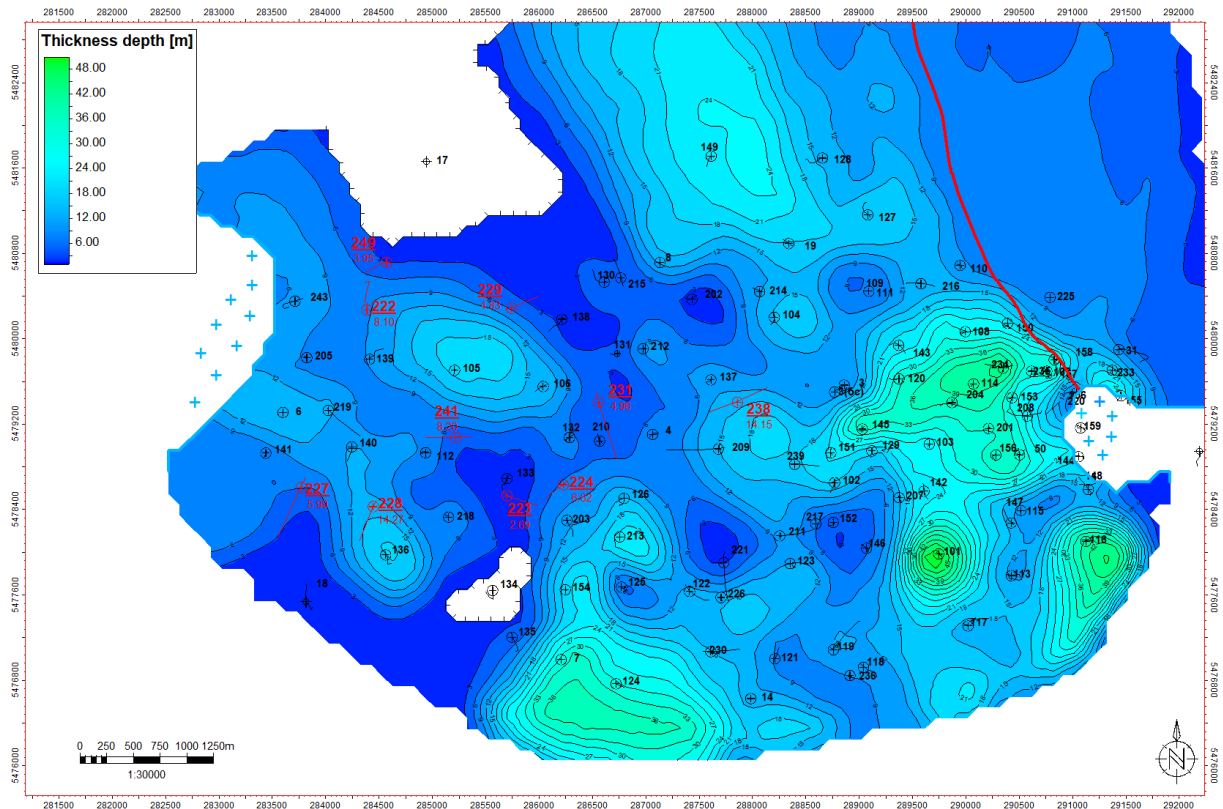
Використовуючи оновлену постійно діючу геолого-технологічну 3Д модель Єфремівського ГКР, були побудовані карти ефективних товщин по горизонтах А-6-7 при граничній пористості 9,4 % (як в підрахунку запасів) без нових пробурених свердловин (рис. 5, 6) та з їх врахуванням (рис. 7, 8) . Виявилось, що з новими свердловинами збільшення ефективної товщини не те що не відбувається, але вона навіть зменшується. Відповідно, при прийнятті граничної пористості на рівні 8,3 % відбувається збільшення ефективної газонасиченої товщини та “вирівнювання” значень ефективної товщини в нових та старих свердловинах (рис. 9).



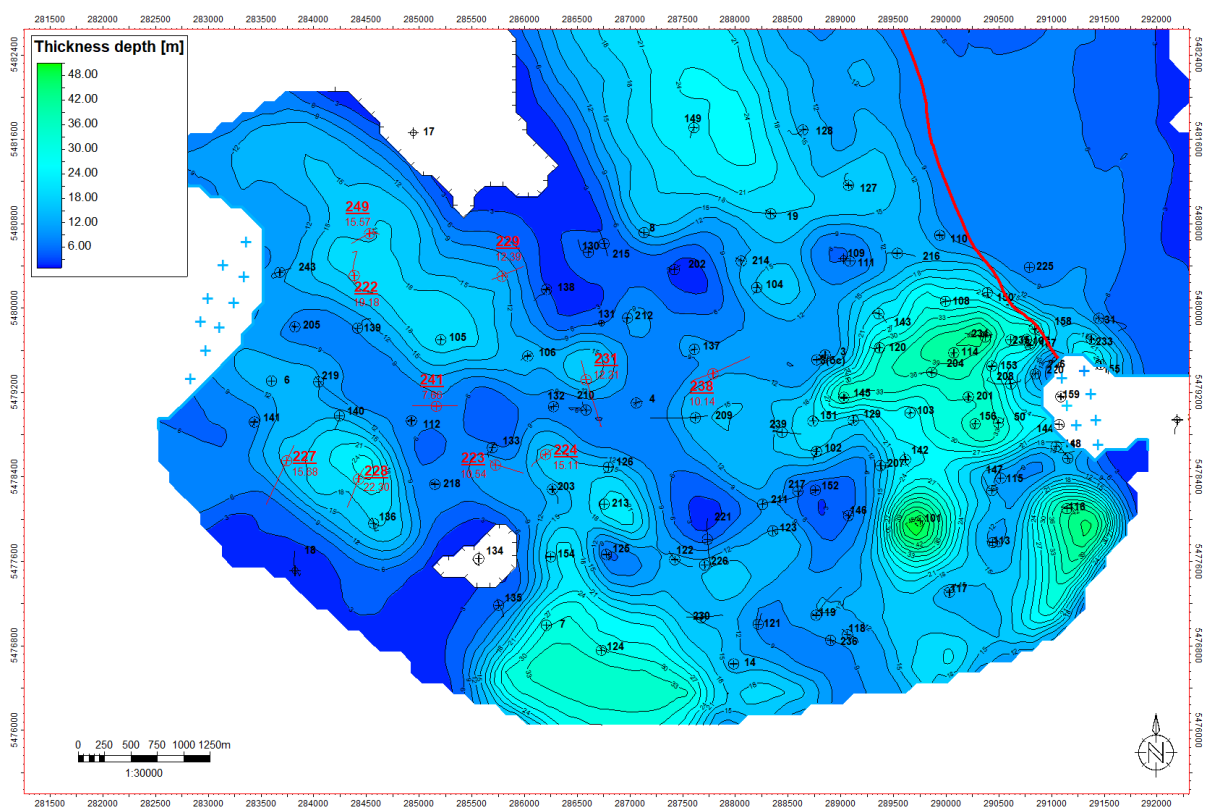
**Рис. 5. Карта ефективних товщин горизонту А-6 при граничній пористості 9,4% без врахування в розподілі колекторських властивостей (пористості) свердловин №№218, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 231, 238, 241, 249**



**Рис. 6. Карта ефективних товщин горизонту А-6 при граничній пористості 9,4% з врахуванням в розподілі колекторських властивостей (пористості) свердловин №№218, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 231, 238, 241, 249**

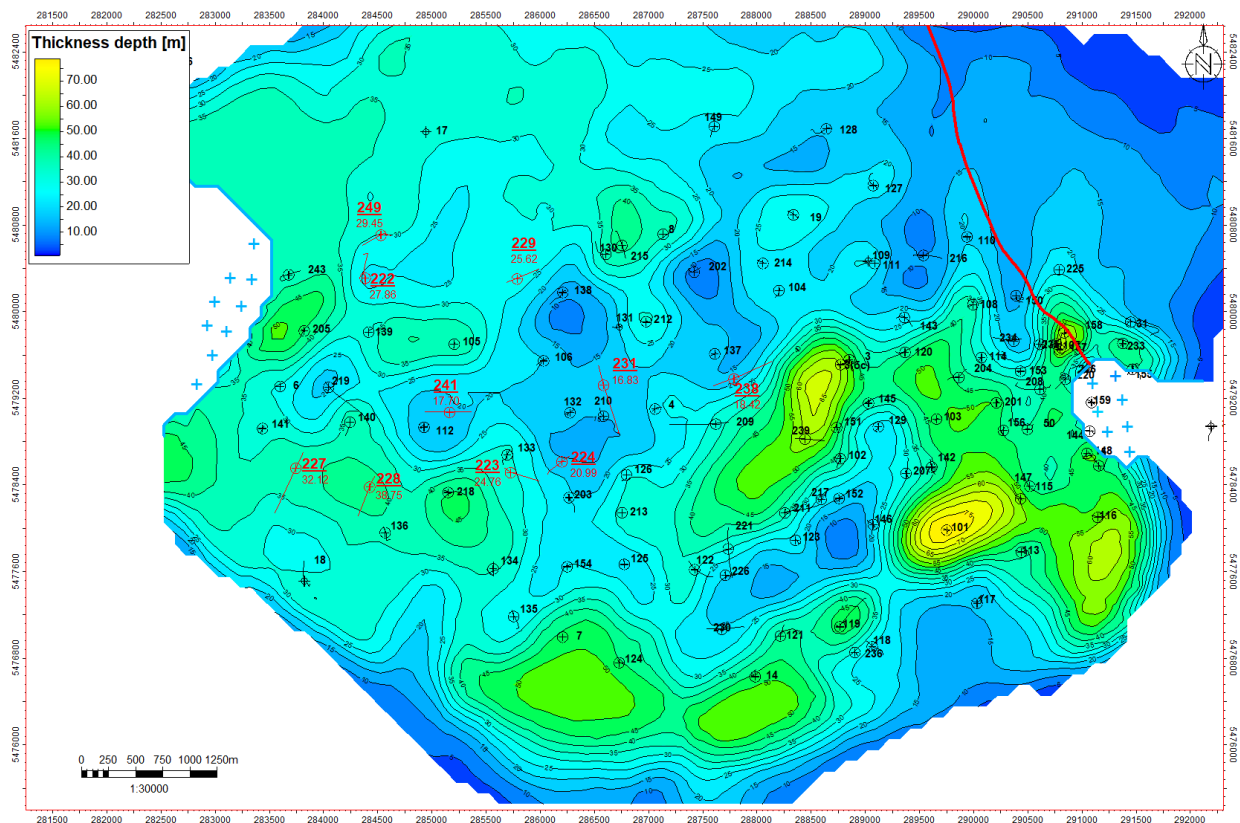


**Рис. 7. Карта ефективних товщин горизонту А-7 при граничній пористості 9,4% без врахування в розподілі колекторських властивостей (пористості) свердловин №№218, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 231, 238, 241, 249**



**Рис. 8. Карта ефективних товщин горизонту А-7 при граничній пористості 9,4% з врахуванням в розподілі колекторських властивостей (пористості) свердловин №№218, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 231, 238, 241, 249**





**Рис. 9. Карта ефективних товщин горизонту А-6 при граничній пористості 8,3% з врахуванням в розподілі колекторських властивостей (пористості) свердловин №№218, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 231, 238, 241, 249**

В постійно діючій геолого-технологічній 3Д моделі Єфремівського родовища, при створенні якої було враховано результати буріння, випробовування та експлуатації нових свердловин, прийняте граничне значення пористості для картамишських горизонтів складає 8,3%. Дане значення отримане комплексно за аналізом результатів декількох підходів, в тому числі за інтегральними кривими розподілу [3].

Таким чином, застосування технології гідравлічного розриву пласта на Єфремівському родовищі дозволило, окрім прискорення, збільшення видобутку та приросту запасів вуглеводнів, переглянути наявні геолого-промислові матеріали і визначити нижчу, ніж було прийняту в підрахунку запасів, граничну пористість. Враховуючи отримані результати, запаси вуглеводнів картамишських покладів Єфремівського родовища, відповідно, в подальшому мають бути переоцінені.

#### **Список використаних джерел:**

1. Звіт про науково-дослідну роботу “Геолого-економічна оцінка Єфремівського газоконденсатного родовища Харківської області України”. АТ УГВ Філія Укрндігаз. Науковий керівник М.М. Андрейчук, Львів 2020, книга 1 ст.213.
2. Звіт про науково-дослідну роботу “Уточнений проєкт промислової розробки Єфремівського НГКР”. АТ УГВ Філія Укрндігаз. Науковий керівник О. Палагейченко. Харків 2023, ст.110.
3. “Новий інтегрований підхід до побудови та адаптації 3Д моделей газоконденсатних родовищ з обмеженою геолого-промисловою інформацією”. Грицай Д., Додух В., Штефура П. 2021, SPE «Східна Європа. Надра». SPE-208518-MS. <https://doi.org/10.2118/208518-MS>

## НОВА СТОРІНКА В ІСТОРІЇ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОГО ГАЗУ

*Петренко А.С., apetrenko68@gmail.com,*

*Асоціація газовидобувних компаній України, місто Київ, Україна*

Анотація: Український газовидобуток – важлива складова енергетичної безпеки нашої країни. Стабільне виробництво природного газу і його нарощення в наступні роки – це стимул для зміцнення всієї української економіки. Реалізувати на повну потужність потенціал газовидобувної індустрії під час повномасштабної війни неможливо, але сьогодні ми закладаємо підґрунтя для подальшого розвитку сектору. Новою сторінкою в історії стануть угоди про розподіл продукції та масштабна реформа сфери надрокористування, які дозволять залучити нових гравців на український ринок. В цьому контексті важливим є імплементація в Україні міжнародних стандартів оцінки запасів та ресурсів, яка є основою для прийняття інвестиційного рішення.

## A NEW CHAPTER IN THE HISTORY OF UKRAINIAN GAS

*Petrenko A., apetrenko68@gmail.com,*

*Association of Gas Producers of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Abstract: Natural gas production of Ukrainian origin is crucial to our country's energy security. Stable outputs and its growth in the coming years serve as an incentive for strengthening the entire Ukrainian economy. Realizing the industry's full potential during a full-scale war is impossible, but today, we are laying the groundwork for future gas sector development. Production sharing agreements and extensive reform of the subsoil use sector will mark a new chapter in history, allowing us to attract new players to the Ukrainian market. In this context, implementing international standards for resource assessment in Ukraine is vital as it forms the basis for investment decisions.

Понад 585 днів Україна мужньо, героїчно та самовіддано протистоїть російським терористам, які щоденно атакують мирні міста й села. В цих надзвичайно складних умовах український бізнес, зокрема газовидобувна індустрія, продовжує свою діяльність, адже всі ми добре розуміємо важливість видобутку кожного кубометра українського газу для зміцнення енергетичної безпеки нашої країни та підготовки до найближчої зими.

Попри щоденну небезпеку, ризики та обстріли критичної інфраструктури, компанії видобувають природний газ усюди, де це є фізично можливо і де дозволяє безпекова ситуація. Підприємства бурять нові свердловини, здійснюють капітальні ремонти, інвестують в нові проекти, сплачують податки, допомагають Збройним Силам України та місцевим громадам. Російським терористам не вдалося зламати дух українських енергетиків ні торік, не вдасться й цього року.

Асоціація газовидобувних компаній України фіксує позитивний тренд щодо нарощення обсягів газовидобутку у державних компаній та зупинку негативної динаміки у приватних видобувників. Ми очікуємо, що за підсумками 2023 року загальний обсяг виробництва збережеться на рівні 2022-го. Разом із цим наш попередній прогноз свідчить, що у наступному році ми можемо повернутися до тренду на збільшення видобутку ресурсу.

Наростити обсяги виробництва природного газу – стратегічне завдання держави. І це не лише питання зміцнення економіки, це питання національної безпеки України. Завдяки потужному ресурсному потенціалу, залученні інвесторів та сучасних технологій ми можемо повністю забезпечити себе блакитним паливом і в перспективі стати експортером природного газу до Європейського Союзу. Для реалізації цього важливого завдання вже проведено ряд необхідних реформ, хоча основний масив роботи потрібно буде реалізувати після нашої перемоги. Запорукою успіху мають стати угоди про розподіл продукції (УРП) та проведена реформа сфери надрокористування.

У 2019 році Україна провела серію нафтогазових конкурсів на укладення УРП – масштабних та складних проєктів, розробка яких потребує значних капітальних інвестицій та застосування новітніх технологій. У багатьох країнах світу такі угоди суттєво допомогли наростити видобуток вуглеводнів та зменшити залежність від імпорту енергоносіїв. Тоді було виставлено 13 ділянок на суходолі загальною площею майже 25 тис. км<sup>2</sup>. В результаті проведення конкурсів нашої країні вдалося залучити як українських, так і іноземних інвесторів до розробки надр. Наприкінці 2020 – на початку 2021 року між урядом та надрокористувачами відбулося офіційне підписання угод, що дало старт для реалізації потужних нафтогазових

проектів. Компанії зобов'язалися інвестувати в перші п'ять років від \$500 млн до \$1.5 млрд, провести 3D сейсміку на площі понад 4 тис. км<sup>2</sup> та пробурити від 46 до 73 нових свердловин.

Окрім того, наприкінці 2020-го Кабінет міністрів доручив Нафтогазу провести геологічне вивчення української частини Чорноморського шельфу та надав компанії право на отримання спеціальних дозволів для освоєння нафтогазових ділянок на морі. Йдеться про 36 ліцензій загальною площею близько 29 тис. км<sup>2</sup>. Ділянки мають різні типи покладів, зокрема знаходяться на мілководді, схилі та глибоководді. Загальний обсяг визначених запасів там складає приблизно 1.6 трлн м<sup>3</sup>, основна частина сконцентрована у глибоких водах.

Загалом український шельф Чорного моря є надзвичайно перспективним для розвідки та видобутку вуглеводнів. Це підтверджують успіхи наших сусідів – Румунії та Туреччини, які активно займаються освоєнням морських глибин, відкриваючи там нові родовища. За даними Державної служби геології та надр України, потенційні запаси газу і нафти в українській частині Чорного моря оцінюються у 2.3 млрд т умовного палива, що еквівалентно 2.3 трлн м<sup>3</sup> і становить близько 40% усіх енергетичних запасів нашої країни.

Проте повномасштабне російське вторгнення у лютому 2022-го суттєво скоригувало плани газовидобувників. Більшість ділянок УРП знаходяться на сході України в переважній близькості до лінії фронту. Згідно з інформацією Держгеонадр, із 13 чинних вуглеводневих угод 11 призупинені у зв'язку з форс-мажорними обставинами, тобто тимчасово припинили свою дію. У рамках реалізації проектів з розвідки та розробки нафтогазоносних надр шельфу Чорного моря, роботи НАК «Нафтогаз України» були зупинені у зв'язку з військовими діями.

Та все ж одна УРП стала справжнім проривом для індустрії та всієї країни. Вперше в Україні, та ще й в розпал повномасштабної війни у квітні 2022-го, розпочався видобуток газу на ділянці, яка надана згідно з угодою про розподіл продукції. Реалізацією проекту займається ТОВ «Велл Ко» з групи Західнадрасервіс, яке розробляє Угнівську площу на заході країни. Вже більше року компанія здійснює промисловий газовидобуток на ділянці, зміцнюючи енергетичну безпеку нашої держави.

Працююча нафтогазова УРП – це нова сторінка в історії індустрії, адже Україна вперше на практиці реалізує такий складний механізм та ще й власними силами. А я нагадаю, що від проголошення незалежності наша держава кілька разів проводила конкурси та намагалася залучити таких міжнародних гравців як Shell, Chevron та ExxonMobil до видобутку вуглеводнів. На жаль, через різні обставини – недосконалість правового регулювання відносин у сфері E&P, політику, анексію Криму та війну на сході країни, жодна із спроб не закінчилася успіхом.

Сьогодні вже можна впевнено сказати, що Україні вдалося розірвати замкнене коло і покладено початок у реалізації нафтогазових УРП. Та на повну потужність масштабні нафтогазові проекти зможуть запрацювати після нашої перемоги у війні та вирішення безпекових питань як на суходолі, так і у морі.

У цьому контексті є ще один момент, який потребує врегулювання.

Раніше Україна не мала практики в реалізації такого особливого виду угод і недавній досвід наглядно продемонстрував, що шлях від підготовки конкурсів, їх оголошення, проведення та укладання був складним, не системним, містив ряд неточностей та законодавчих прогалин. Вирішити усі ці проблеми та вдосконалити механізм УРП до реалій сьогодення покликаний законопроект № 4344 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо стимулювання розвитку нафтогазовидобувної галузі». Верховна Рада вже підтримала цей документ у першому читанні і він наразі опрацьовується до фінального схвалення. Враховуючи те, що для повоєнного відновлення держава буде залучати великі інвестиції в українську економіку і, зокрема в сектор надрокористування, УРП є запорукою приходу великих міжнародних гравців на ринок.

Окрім угод про розподіл продукції Україна дала старт масштабній реформі сфери надрокористування, яка робить сектор інвестиційно привабливим для потенційних інвесторів.

Нагадаю, у грудні 2022-го Верховна Рада ухвалила доопрацьований законопроект № 4187 (Закон України 2805-IX) «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами», який набув чинності 28 березня 2023 року. Асоціація газовидобувних компаній брала активну участь у роботі над документом,

враховуючи найкращі міжнародні практики й стандарти. Без перебільшення можна сказати, що прийнятий Закон – це потужний крок держави назустріч бізнесу.

Реформа надрокористування забезпечує стабільні та рівні правила доступу до надр, дерегулює сектор, діджиталізовує дозвільні процедури, спрощує доступ до геологічної інформації, скасовує ряд архаїчних погоджень, зменшує надмірний державний вплив, а також вперше в Україні започатковує створення економічного паспорта, який дозволить громадянам країни отримувати частину доходу від рентної плати за користування надрами.

Ключовою особливістю реформи є лібералізація обігу спецдозволів на користування надрами. Вперше в Україні видобувники можуть вільно розпоряджатися ліцензіями – купувати чи продавати їх, або використовувати як актив. Це відкриває нові можливості для потенційних інвесторів, які захочуть інвестувати в українські надра.

Ще одним із важливих нововведень, яке запроваджується на рівні Закону, є право проводити оцінку запасів та ресурсів згідно з міжнародними стандартами. Зокрема можуть використовуватися Рамкова класифікація ООН для викопних енергетичних і мінеральних ресурсів (РКООН-2009), класифікація Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасам твердих корисних копалин (CRIRSCO), Система управління вуглеводневими ресурсами (PRMS) та інші визнані у світі стандарти.

Асоціація газовидобувних компаній України вже давно акцентувала увагу на важливості імплементації оцінки запасів вуглеводнів за системою PRMS (Petroleum Resources Management System), яку використовують провідні видобувні країни. Ця система дозволяє оцінити запаси вуглеводнів з комерційної точки зору, надавши інвесторам достовірну інформацію щодо тих обсягів, які можна та потрібно видобувати за сприятливої ціни та наявних технологій. Дуже важливо, що цей стандарт нарешті запроваджено в нашій державі і ми говоритимемо однією мовою з провідними країнами.

Закон № 2805 став фундаментом для розвитку сектору надрокористування, наступним етапом має бути модернізація усіх підзаконних актів згідно з ухваленим законодавством, яка забезпечить надійну та ефективну роботу в галузі. Так, потребують вдосконалення та адаптації до сучасних практик Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр та чинна Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу. Зокрема з метою усунення ряду неузгодженостей, необхідним є уточнення в частині визначень за вісями, виразів та коректного віднесення кодів класу до категорій і підкатегорій, що дозволить модернізувати українську Класифікацію та ще більше гармонізувати її з РКООН, на базі якої вона й була створена. І саме роль Державної комісії України по запасам корисних копалин, яка має досвідчених фахівців та експертизу, тут є вирішальною.

Коректна оцінка запасів і ресурсів згідно з міжнародними стандартами – це потужний крок для залучення інвестицій у газовидобувний сектор. Діючим надрокористувачам вона дасть можливість справедливо оцінити свої активи, щоб раціонально планувати виробничу діяльність. В той же час оцінка державного фонду надр, який наразі не розробляється, стимулюватиме прихід нових гравців на ринок. Адже виставлений на електронний аукціон нафтогазовий лот, який буде оцінений згідно з новими нормами, виглядатиме в рази привабливіше й цікавіше в очах іноземних інвесторів, які ніколи не купують “кота в мішку”. Без сумніву, імплементація міжнародних стандартів в Україні дозволить підвищити результативність онлайн-торгів, збільшити надходження до державного бюджету та ефективніше розробляти надра.

Впевнений, що сьогодні усі ми разом – держава, ДКЗ та бізнес маємо закладати підґрунтя для залучення інвестицій, нарощення газовидобутку та зміцнення енергетичної безпеки країни.

## **ПрАТ «НАК «НАДРА УКРАЇНИ» НА ШЛЯХУ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІКВІДОВАНИХ СВЕРДЛОВИН**

*Кузьмич Т.О.<sup>1</sup>, post@nadraukrayny.com.ua,;*

*Касян В.Ю.<sup>2</sup>, poltavargp@ukr.net;*

*Голуб О.Г.<sup>2</sup>, poltavargp@ukr.net,*

*1 – ПрАТ «НАК «Надра України», Київ, Україна,*

*2 – ДП «Укрнаукагеоцентр», Полтава, Україна*

Приватне акціонерне товариство «Національна акціонерна компанія «Надра України» являється однією з провідних та найбільш потужних компаній, яка має понад 85-річний досвід роботи в галузі геологорозвідки. На сьогоднішній день до складу ПрАТ «НАК «Надра України» входить 6 дочірніх підприємств зі статусом юридичних осіб. Дочірнє підприємство ПрАТ «НАК «Надра України» «Укрнаукагеоцентр» – одне з провідних в Україні підприємств по обробці геолого-геофізичних матеріалів, виконанню геолого-аналітичних та науково-тематичних досліджень, комплексу робіт по забезпеченню геологорозвідувального процесу пошуків і розвідки покладів вуглеводнів на рівні сучасних вимог, виконанню газогідродинамічних досліджень газових, газоконденсатних і нафтових свердловин, здійсненню спеціальних газоконденсатних досліджень, проведенню комплексу проектних робіт з облаштування об'єктів нафтогазового комплексу та ін. Для відповідності сучасним реаліям ДП «Укрнаукагеоцентр» проводить технічне переоснащення основних фондів. Не зважаючи на складні умови роботи підприємства внаслідок військової агресії РФ проти України та погіршення логістики постачання, ДП «Укрнаукагеоцентр» зберегло сталу тенденцію до переоснащення та осучаснення наявного парку технологічного та дослідницького обладнання. ПрАТ «НАК «Надра України» є балансоутримувачем великої кількості пробурених свердловин, як ліквідованих так і діючих, та планує наростити власний видобуток вуглеводневої продукції шляхом відновлення свердловин з ліквідаційного фонду. За результатами проведеного аналізу наявних у геологічних фондах підприємства матеріалів по 3000 пробурених свердловинах та визначення перспектив, рекомендовано до відновлення близько 150 свердловин.

## **PrJSC «NJSC «NADRA UKRAYINY» ON THE WAY OF TECHNICAL EQUIPMENT AND RECOVERY OF ABANDONED WELLS**

*Kuzmych T.<sup>1</sup>, post@nadraukrayny.com.ua;*

*Kasian V.<sup>2</sup>, poltavargp@ukr.net;*

*Holub O.<sup>2</sup>, poltavargp@ukr.net,*

*1 – PrJSC NJSC Nadra Ukrayiny, Kyiv, Ukraine,*

*2 – SE Ukrnaukageocenter, Poltava, Ukraine*

Private Joint-Stock Company «National Joint-Stock Company «Nadra Ukrainy» is one of the leading and most powerful companies with more than 85 years of experience in the field of geological exploration. Today, PrJSC «NJSC «Nadra Ukrainy» includes 6 subsidiaries with the status of legal entities. Subsidiary of PrJSC «NJSC «Nadra Ukrainy» SE «Ukrnaukageocenter» is one of the leading companies in Ukraine for processing geological-geophysical materials, performing geological-analytical and scientific research, a set of works to ensure the geological exploration process of prospecting and exploration of hydrocarbon deposits at the level of modern requirements, performing hydrodynamic studies of gas, gas-condensate and oil wells, conducting special gas condensate research, carrying out a set of design works on the arrangement of oil and gas facilities, etc. To meet the current realities, SE Ukrnaukageocentr is carrying out technical re-equipment of fixed assets. Despite the difficult working conditions of the enterprise due to the military aggression of the Russian Federation against Ukraine and the deterioration of supply logistics, SE Ukrnaukageocenter has maintained a steady trend towards re-equipment and modernization of the existing fleet of technological and research equipment. PJSC «NJSC «Nadra Ukrainy» is a balance holder of a large number of drilled wells, both abandoned and operating, and planning to increase its own hydrocarbon production by restoring wells from the liquidation fund. Based on the results of the analysis of the company's geological data on 3,000 drilled wells and the identification of prospects, about 150 wells were recommended for restoration.

Приватне акціонерне товариство «Національна акціонерна компанія «Надра України» являється однією з провідних та найбільш потужних компаній, яка має понад 85-річний досвід роботи в галузі геологорозвідки. Реалізує інтереси держави в геологорозвідувальній галузі на території України. Компанія на сьогоднішній день має значний потенціал технічних, професійних та наукових ресурсів для реалізації інтересів держави, вітчизняних та іноземних інвесторів у сфері розвідки широкого спектру корисних копалин, а перед усім вуглеводневої сировини. Саме тому проблема підвищення ефективності економічного розвитку держави з

питань енергобезпеки та енергонезалежності України, де важливою складовою є вуглеводнева сировина власного видобутку, для Компанії є принциповою.

На сьогоднішній день до складу ПрАТ «НАК «Надра України» входить 6 дочірніх підприємств зі статусом юридичних осіб. Компанія є власником 19-х спеціальних дозволів на геологічне вивчення та видобування вуглеводнів, 5-х спеціальних дозволів на геологічне вивчення та видобування металевих руд, у т.ч. одним на золото, 4-х на титанові руди, та володіє корпоративними правами у статутних капіталах 16 суб'єктів господарювання.

Силами підприємств ПрАТ «НАК «Надра України» пробурено близько 2000 свердловин на воду, 123 з яких використовуються для моніторингу підземних вод. Фонд ліквідованих артезіанських свердловин, які потенційно можуть бути відновлені, становить 145 одиниць: 73 на мінеральні, 38 на термальні, 34 на прісні води.

Компанія здійснює роботи з моніторингу підземних вод у Західній і Центральній Україні в межах Міжнародного транскордонного проєкту WATERS (Польща, Литва, Латвія, Нідерланди, Естонія).

Дочірнє підприємство ПрАТ «НАК «Надра України» «Укрнаукагеоцентр» – одне з провідних в Україні підприємств по обробці геолого-геофізичних матеріалів, виконанню геолого-аналітичних та науково-тематичних досліджень, комплексу робіт по забезпеченню геологорозвідувального процесу пошуків і розвідки покладів вуглеводнів на рівні сучасних вимог, виконанню газогідродинамічних досліджень газових, газоконденсатних і нафтових свердловин, здійсненню спеціальних газоконденсатних досліджень, проведенню комплексу проєктних робіт з облаштування об'єктів нафтогазового комплексу та ін.

Всі галузі економіки і виробництва України переходять на світові стандарти як у технологічному, так і у технічному плані. Для відповідності сучасним реаліям ДП «Укрнаукагеоцентр» проводить технічне переоснащення основних фондів. Не зважаючи на складні умови роботи підприємства внаслідок військової агресії РФ проти України та погіршення логістики постачання, ДП «Укрнаукагеоцентр» зберегло сталу тенденцію до переоснащення та осучаснення наявного парку технологічного та дослідницького обладнання.

Так, за останній час здійснено наступні заходи:

- підйомники SlickLine для проведення геолого-промислових досліджень свердловин переоснащено дротом із нержавіючої сталі EN 10204 3.1, яка відповідає європейським стандартам якості. Сталь є стійкою до дії сірчаної (з концентрацією  $H_2S+CO_2$  до структуру навіть в їдкому натрію (з концентрацією розчину до 50 %). Вона в 500 разів менше піддається корозії ніж оцинкована сталь та в 50 разів менше ніж алюміній. Також сталь EN 10204 3.1 стійка до перепадів температур – не втрачає свої властивості аж до температури 600°C;

- закуплено глибинні манометри-термометри PPS 25, які дозволяють виконувати заміри тиску до 120 МПа та температури до +177°C. Сапфіровий сенсор приладу дозволяє виконувати заміри з високою точністю, а зручний інтерфейс – якісно та швидко оброблювати одержані дані;

- придбано універсальний автономний комплексний геофізичний прилад ГЕО-7, який дозволяє вирішити широке коло завдань з геофізичних досліджень, зокрема при кореляції глибин за допомогою модуля гама-каротажу, прив'язці по стовбуру свердловини перфораторів, пакерів, муфт, башмака НКТ та іншого глибинного обладнання за допомогою локатору муфт, визначення інтервалу та характеру припливу флюїдів та їх дебіту. Даний прилад при тисках до 1000 кг/см<sup>2</sup> та температурах до 150 °C, як в кабельному так і в автономному режимах, проводить реєстрацію даних манометрії, термометрії, радіоактивного каротажу (ГК), локації муфт, термоіндикації, резистивиметрії, вологометрії та витратометрії по газу і рідині. Завдяки наявності автономного режиму вирішується питання проведення геофізичних досліджень у похило-скерованих та горизонтальних свердловинах, при виконанні СПО з використанням колтубінгової установки, свердловинного трактора, тощо.

- придбано газоаналізатор ГАНК-4 для автоматичного безперервного контролю концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, в повітрі робочої зони, в промислових



викидах і технологічних процесах з метою охорони навколишнього середовища, забезпечення безпеки праці та оптимізації технологічних процесів. Приладом можливо проводити вимірювання аж 150 шкідливих речовин на вибір безпосередньо на місці виміру, без необхідності попереднього відбору проб. Прилад використовується при екологічних моніторингах, які наше підприємство виконує для таких компаній, як: АТ «Укргазвидобування», ДТЕК, СП ПГНК, ТОВ «НАДРА-ГЕОІНВЕСТ», Бурісма, Геоальянс та ін.

- придбано установку УТФ-70 для визначення граничної температури фільтрованості дизельного палива на холодному фільтрі. Ця температура характеризує низькотемпературні властивості дизельного палива, під якими розуміють здатність палива зберігати плинність при зниженні температури і не викликати труднощів при перекачуванні трубопроводами. Дана установка дозволяє проводити оперативний аналіз дизельного палива на придатність до використання в умовах низької температури.

Керновий матеріал, який піднімається із свердловини в процесі буріння є одним із основних джерел геологічної інформації про розріз, що вивчається. За даними дослідження керну отримують інформацію про літологію, вік, фільтраційно-ємнісні, петрофізичні і інші характеристики гірських порід. Інтервали відбору і комплекс досліджень керну визначають проектом робіт.

Загальний метраж кернового матеріалу, що зберігається у центральному керносховищі ДП «Укрнаукагеоцентр», складає більше 100 тис. п. м. Це керн, який був відібраний зі свердловин, що знаходилися на території діяльності підприємств ПрАТ «НАК «Надра України», що охоплює територію всієї України, у тому числі АР Крим.

Головним принципом ефективного функціонування геологічної галузі є кондиційне, довготривале збереження первинної геологічної інформації. Для цього на базі дочірнього підприємства Компанії ДП «Укрнаукагеоцентр» (м. Полтава) передбачається спорудження Державного сховища геологічної інформації та кам'яного матеріалу з проектним обсягом зберігання 155 тис. п.м керну на площі 1296 м<sup>2</sup>. Сховище геологічної інформації та кам'яного матеріалу буде оснащено сучасною системою обліку та контролю кернового матеріалу, з адресною схемою розміщення зразків керну, їх завантаження, зберігання та вивантаження (Система управління складською логістикою).

Сховище буде оснащено спеціальними кімнатами для приймання та обробки зразків керну та рампою для розвантаження-завантаження кернового матеріалу.

Сучасна система контролю кліматичних умов сховища геологічної інформації та кам'яного матеріалу (вентляція, підігрів, кондиціонування) в постійному режимі комплексно забезпечуватиме зберігання зразків керну в спеціальній тарі за показників 18°C та відносної вологості до 50 %.

Зручне розташування в центрі Східного нафтогазовидобувного регіону дозволить надрокористувачам та потенційним інвесторам оперативно отримувати фахові консультації та проводити дослідження кернового матеріалу в комплексній аналітичній лабораторії підприємства.

ДП «Укрнаукагеоцентр» проводить повний комплекс робіт, пов'язаних з видобуванням питної води:

- складання проектів на буріння артезіанських свердловин;
- оформлення дозволів на спец-водокористування;
- складання пакету документації для отримання спеціального дозволу на користування надрами з метою геологічного вивчення, у т.ч. ДПР (або видобування) підземних вод;
- геолого-економічну оцінку експлуатаційних запасів підземних вод;
- буріння та облаштування артезіанських свердловин для питного водопостачання населення.

Буріння свердловин проводиться двома наявними буровими установками: УГБ-1ВС – до глибини 35 м та УРБ-ЗА3 – до глибини 1000 м.

Дослідження проб води проводяться в комплексній аналітичній лабораторії, яка оснащена сучасним обладнанням провідних світових виробників, що дозволяє виконувати

комплекс досліджень у відповідності до вимог сьогодення та сертифікатів якості ISO 9001:2015 та 14001:2015.

Через ракетні удари російських військових по об'єктах критичної інфраструктури та масові переселення біженців у західні регіони України, виникла нагальна потреба у забезпеченні альтернативних і резервних джерел води.

ДП «Укрнаукагеоцентр» планує долучитися до вирішення складних завдань щодо водопостачання населення та розширити можливості з буріння артезіанських свердловин шляхом придбання бурової установки серії KW600, яка особливо підходить для буріння свердловин в гірській місцевості та дозволить бурити свердловини глибиною до 1000 м. Її ефективність в 10 разів вище ніж у традиційних роторних установок, що дасть значну економічну і технологічну перевагу.

Разом з пошуком нових родовищ, вагоме збільшення видобутку нафти та газу може дати відновлення свердловин, ліквідованих в свій час як малодебітні і нерентабельні, з пропущеними продуктивними пластами, з причин ускладнень і аварій, тощо.

ПрАТ «НАК «Надра України» володіє великою кількістю пробурених свердловин, як ліквідованих так і діючих.

Дані свердловини розташовані в межах спеціальних дозволів на користування надрами як приватних (СП «Полтавська газонафтова компанія», ТОВ «ДТЕК Нафтогаз», Група Компаній «Гео Альянс», ТОВ «Еско-Північ», ПрАТ «Видобувна компанія «Укрнафтобуріння»), так і державних компаній (АТ «Укргазвидобування», ПАТ «Укрнафта») на таких родовищах як Західно-Хрестищенське, Комишнянське, Мачухське, Західно-Солохівське, Ігнатівське та ін.

374 свердловини ПрАТ НАК «Надра України» є суб'єктами УРП.

ПрАТ НАК «Надра України» планує наростити власний видобуток вуглеводневої продукції шляхом відновлення свердловин з ліквідаційного фонду.

Найпершим критерієм для відбору ліквідованої свердловини є позитивний результат її випробування. Пріоритет надається свердловинам, з отриманими при випробуванні промисловими, або близькими до них притоками вуглеводнів. Було розглянуто причини ліквідації і визначено технічну можливість відновлення свердловин - конструкція, якість цементування обсадних колон, їх герметичність, наявність міжколонних перетоків і все інше. За технічним станом багато свердловин рекомендуються до відновлення, враховуючи появу нових технологій та інструментів для капітального ремонту та ловильних робіт.

Далі аналізувалась якість випробувань і застосовані методи інтенсифікації притоку, а саме додаткова перфорація, торпедування, солянокислотні обробки, метод змінних тисків, гідроперфорація. Їх ефективність значно поступається сучасним методикам. Часто з пластів, охарактеризованих за даними ГДС як нафтогазонасичені, під час досліджень притоку не було отримано. Розвиток промислових досліджень (PLT), виклик притоку із застосуванням азоту в поєднанні з технологією колтубінг, інтенсифікація методом гідророзриву та ін. сьогодні дозволяє оперативно та з високим ефектом досягти високих результатів на об'єктах, які раніше вважались безперспективними.

За результатами проведеного аналізу наявних у фондах підприємства матеріалів по 3000 пробурених свердловинах та визначення перспектив, рекомендовано до відновлення близько 150 свердловин. При застосуванні сучасних технологій на свердловинах, раніше ліквідованих як «низькопродуктивні», можливо досягти позитивних результатів із ймовірністю на рівні 90 % і отримати добовий видобуток газу не менше 15 тис. м<sup>3</sup> із однієї свердловини.

Найважливішим питанням у визначенні доцільності відновлення свердловин є окупність робіт. В умовах сьогоднішніх економічних реалій України підхід до відновлення має бути більш ніж зваженим, системним та обґрунтованим. Слід зауважити, що буріння нової свердловини пов'язано зі ще більшими ризиками. Буріння нової свердловини, глибиною до 4 тисяч метрів, у витратах складає близько 300 млн. грн. При цьому освоєння нового об'єкта - справа ризикована, враховуючи специфіку галузі, буріння може бути довготривалим та з від'ємним результатом, а реліквідація обходиться у порівняно незначні кошти – орієнтовно

50 млн. грн., та у значно коротші терміни, ніж буріння нової свердловини. Тому, було детально розглянуто питання рентабельності відновлювальних робіт. Економічний ефект відновлення однієї середньостатистичної свердловини обраховано за песимістичним сценарієм, коли початковий добовий дебіт для газової свердловини взято на рівні 15 тис м<sup>3</sup>.

За результатами обробки економічних показників видно, що прогнозний видобуток однією свердловиною складає близько 150 млн м<sup>3</sup> газу. Чистий прибуток від реалізації проєкту близький до 550 млн грн. Окупність проєкту передбачається на 3 році. У випадку його вдалої реалізації, надходження до державного бюджету від однієї свердловини мають скласти близько 900 млн грн.

Слід наголосити, що для досягнення вищеописаних показників ПрАТ «НАК «Надра України» потребує спільних та узгоджених дій та кроків від власників спеціальних дозволів на користування надрами, на території яких знаходяться визначені свердловини.

Для врегулювання фінансових питань з надрокористувачами ПрАТ «НАК «Надра України» розглядає можливість надання своїх свердловин в оренду або оформлення договору про розподіл видобутої продукції на взаємовигідних умовах.

Скорочення терміну геологічного вивчення, збільшення видобутку вуглеводневої сировини за рахунок відновлення вже пробурених свердловин дозволить в стислий термін суттєво наростити власний видобуток вуглеводнів в Україні.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГЕОФІЗИЧНИХ І ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПОШУКАХ НАФТОГАЗОВИХ СКУПЧЕНЬ В КОНТЕКСТІ НАРОЩУВАННЯ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ**

*Дучук С.В.<sup>1</sup>, duchuk@ukr.net,*

*Максимук С.В.<sup>2</sup>, danaarsen@ukr.net;*

*Галамай А.Р.<sup>2</sup>, к. геол. н., с. н. с., galamaytolik@ukr.net;*

*1 – Західно-Українська геофізична розвідувальна експедиція, Львів, Україна,*

*2 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Проведено комплексні геофізичні і геохімічні дослідження на Солотвинській площі Закарпатського прогину. Виявлена Дібровська структура, в межах якої рекомендовано буріння трьох розвідувальних свердловин. Підготовлена паспортна документація на буріння.

## **APPLICATION OF COMPLEX GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL RESEARCH IN THE SEARCH OF OIL AND GAS ACCUMULATIONS IN THE CONTEXT OF EXPANDING THE MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF UKRAINE**

*Duchuk S.<sup>1</sup>, duchuk@ukr.net, ...*

*Maksymuk S.<sup>2</sup>, Senior Engineer, danaarsen@ukr.net;*

*Galamay A.<sup>2</sup>, PhD (Geol.), Associate Professor, galamaytolik@ukr.net;*

*1 – Western-Ukrainian geophysical reconnaissance expedition, Lviv, Ukraine,*

*2 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine*

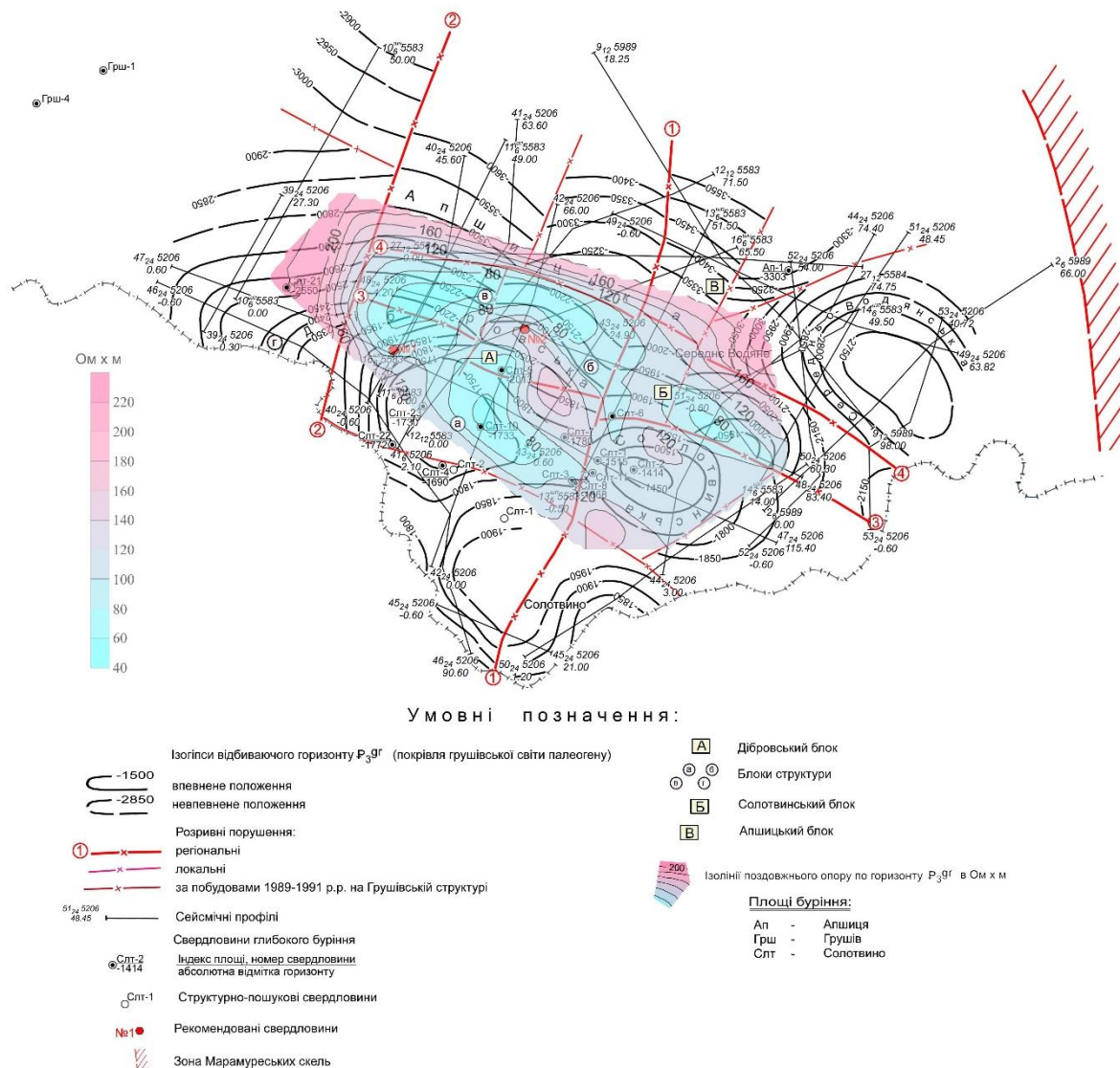
Comprehensive geophysical and geochemical studies were conducted on the Solotvyn Square in the Transcarpathian Basin. The Dibrov oil and gas prospective structure has been identified, within which drilling of three exploratory wells is recommended. Passport documentation for drilling has been prepared.

Одним із факторів нарощування енергетичного потенціалу країни є подальший розвиток геологорозвідувальної галузі, зокрема, пошуки і підготовка до буріння нових нафтогазоперспективних об'єктів. З метою виявлення таких об'єктів, вивчення їх геологічної будови і прогнозу їхнього флюїдонасичення проведено комплекс геофізичних і геохімічних досліджень в межах Солотвинської площі однойменної западини Закарпатського прогину. Площа розташована в південно-східній частині Солотвинської западини і приналежна до Велико-Бичківської структурно-фаціальній зони.

**Методи досліджень.** Сейсморозвідувальні роботи проведено методом спільної глибинної точки (МСГТ) по сітці профілів з 24-кратним спостереженням відбивальних границь за центральною системою спостережень з використанням в якості збудження пружних коливань невибухових джерел – групи з 6-ти вібраторів типу СВ-5-150 на базі 30 м з кроком спостереження 15 м. Всього відроблено 15 розвідувальних і сполучних профілів загальною довжиною 83,67 пог.км, повторна обробка матеріалів минулих років 65.00 пог.км профілів. Обробка інформації проводилась на робочій станції ULTRA SUN SRARC 60 під управлінням операційної системи SOLARIS в обробляючому комплексі ProMAX. Електророзвідувальні роботи проведені методом зондування становлення поля в ближній зоні (ЗСБЗ) на 6-ти профілях обсягом 37.8 км. Обробка – комплексом програм ZSBZ в системі SPS-PC. Геохімічне зондування проведено на 14-ти профілях загальною довжиною 100 км з відстанню між ними 1,0–1,5 км і кроком спостереження 250 м. Всього відібрано 1960 проб. Об'єктом вивчення була газова складова четвертинних відкладів. Методом газової хроматографії визначався якісний і кількісний вміст вуглеводневих компонентів (від метану до пентану включно). Результати геохімічних досліджень оброблено комплексом програм «Exsel», «Statistic», «Surfer».

**Результати досліджень.** За результатами сейсмічних досліджень побудовані структурні карти по трьох комплексах відкладів геологічного розрізу (в товщі еоцену ( $P_2$ ), грушівській світі палеогену ( $P_3^{gr}$ ) та покрівлі нижньотереблянської підсвіти середнього бадену ( $N_{1b2}^{tb1}$ )). За даними

електророзвідувальних робіт виконані побудови карт поздовжнього опору по горизонтах  $P_3^{gr}$  і  $N_{1b2}^{tb1}$ , проведена кількісна інтерпретація розрізів. За результатами геохімічних досліджень побудовані карти розподілу метану і його гомологів у газах, сорбованих породою, вмісту гомологів метану в газах вільних пор на глибині 1 м. За результатами комплексних досліджень складено карти співставлення геофізичних і геохімічних досліджень (рис. 1, 2)



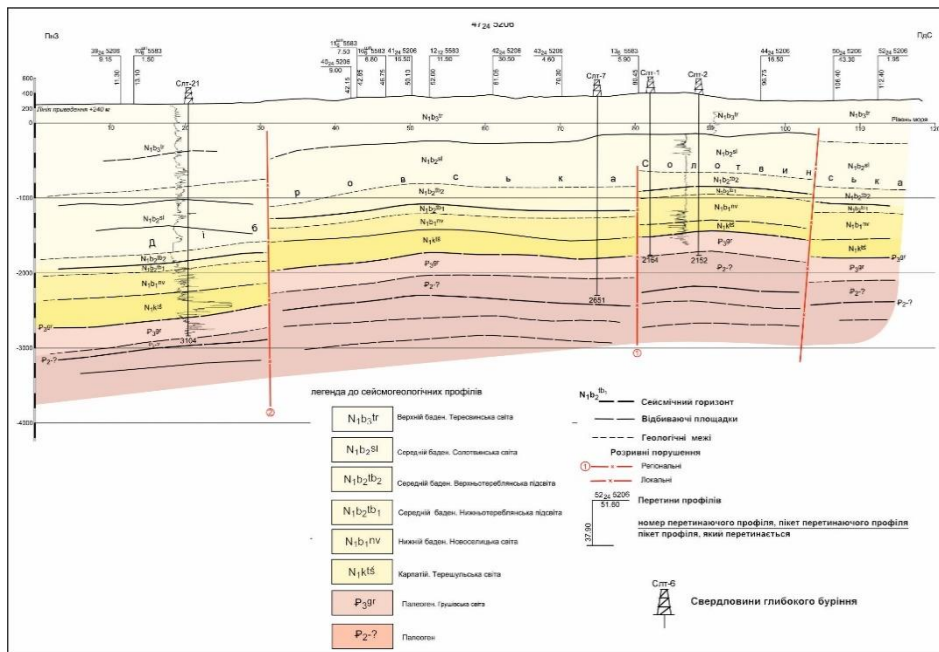
**Рис. 1. Структурна карта по донеогеновій основі (горизонт  $P_3^{gr}$ , грушівська світа олігоцену) з результатами електророзвідувальних досліджень**

Результати сейсмічних досліджень підтвердили, що відклади донеогенової основи розбиті на крупні блоки: Дібровський (А), Солотвинський (Б) та Апшицький (В) блоки. В свою чергу Дібровський (А) блок додатково різного роду порушеннями розбитий на ряд невеликих блоків (а), (б), (в), (г), які проявлені в неогеновому комплексі відкладів.

По сейсмічному горизонту відбиття- $P_2$ . Солотвинська структура представлена у формі брахіантуклінальної складки карпатського простягання, з півночі обмежена регіональним порушенням скидом (3), на заході примикає до регіонального порушення скиду (1), південне і східне крила ускладнені локальними порушеннями різної амплітуди.







**Рис. 3. Сейсмогеологічний розріз по профілю 47245206**

Структурні побудови по підсольовому сейсмічному горизонту відбиття  $N_{1b2}^{Ib1}$  відображають ті ж самі структури що в донеогеновій основі. В Солотвинському блоці (В) уточнена будова раніше закартованої Солотвинської структури, яка представлена у формі брахіантиклінальної складки карпатського простягання. На півночі через регіональне порушення (3) структура зчленовується з двома моноклінальними блоками. Через регіональне порушення (1) західне крило Солотвинської складки зчленовується з східним зануреним крилом Дібровської структури. Структура представлена у формі асиметричної брахіантиклінальної складки з видовженим західним і коротким східним крилами і локалізується в Дібровському блоці (А).

В центральному блоці структури локалізується склепінна частина складки, яка оконтурена ізогіпсою мінус 1150 м, східне крило в зануренні оконтурене ізогіпсою мінус 1200 м, західне крило в зануренні оконтурене ізогіпсою мінус 1300 м. Амплітуда складки визначена по контуру ізогіпси мінус 1200 м і дорівнює 50 м.

Північні блоки структури (б), (в), склепінними частинами примикають до регіонального порушення (3), оконтурені ізогіпсами мінус 1300 м і 1500 м, в зануренні оконтурені ізогіпсами мінус 1500 м і 1650 м, амплітуди їх становлять 200 м і 150 м, відповідно.

Західний блок (г) через регіональне порушення (2) амплітудою до 400 м примикає до центрального блоку (а) оконтурюється в склепінні ізогіпсою мінус 1700 м в зануренні – ізогіпсою мінус 1900 м, амплітуда складає 200 м.

В Апшицькому блоці (В) виявлена нова Середньо-Водянська антиклінальна структура у вигляді брахіантиклінальної складки карпатського простягання. З півдня обмежена регіональним порушенням (4), на заході двома локальним порушеннями. Західне крило крутонахилене, видовжене оконтурене в зануренні ізогіпсою мінус 2400 м, східне крило оконтурене умовно в зануренні ізогіпсою мінус 2200 м. В цьому ж блоці (В) локалізується раніше виявлена Апшицька структура у вигляді моноклінального підняття розділеного регіональними порушеннями (1), (2) і двома локальними поздовжніми порушеннями на три блоки. Кожний із виділених блоків в певній мірі представляє пошуковий інтерес і вимагає довивчення розвідувальним бурінням.

**Висновки.** Комплекс досліджень, виконаних в межах площі, є оптимально достатнім для вирішення поставленого геологічного завдання.

Склепінна частина Дібровської структури за даними сейсморозвідки, по всіх стратиграфічних рівнях, розміщена в тектонічному блоці (а). Там же за результатами

електророзвідки і геохімії, розташовані аномальні поля підвищеного опору і вуглеводневих компонентів.

Подано рекомендацію на буріння розвідувальних свердловин в межах Дібровської структури в (а) блоці – № 1 глибиною 2500 м і в блоці (б) – № 2 глибиною 2700 м, які націлені на випробування грушівської світи палеогену і № 3 глибиною 1600 м для випробування нижньотереблянської підсвіти. Підготовлена паспортна документація на проведення розвідувального буріння. У 2014 році нафтогазоперспективність об'єкту була доведена розкриттям газonosних горизонтів нижньотереблянського комплексу свердловиною Солотвино-15 і отриманням промислових припливів газу [1] .

**Список використаних джерел:**

1. Дучук С.В., Максимук С.В. [2019] Нафтогазовий потенціал Закарпатського прогину // Мінерально-сировинні багатства України: шляхи оптимального використання: тези доп. наук.-практ. конф. – Хорошів. – С. 55-61.

# **ДОСЛІДЖЕННЯ СОЛЕНОСНИХ ВІДКЛАДІВ У ЗВ'ЯЗКУ З ПОШУКОМ НАФТОГАЗОПЕРСПЕКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ (термобарогеохімічне вивчення баденських солених відкладів Карпатського регіону)**

*Галамай А.Р., к. геол. н., с. н. с., galamaytolik@ukr.net;*

*Сидор Д.В., к. геол. н., dariyasydor@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

Термобарогеохімічними методами визначено фізико-хімічні умови міграції вуглеводнів у баденських солених відкладах Карпатської нафтогазоносною провінції. Встановлено, що постседиментаційний етап формування евапоритів проходив при низьких температурах під впливом високомінералізованих порових розсолів переважно сульфатного типу, що не сприяло термолізу керогену розсіяної органічної речовини у бік нафтоутворення. Вважаємо, що виявлені на низці площ рідкі вуглеводні у галіті є геохімічними ореолами розсіювання підсольових вуглеводневих скупчень.

## **SALT-BEARING SEDIMENTS RESEARCH IN CONNECTION WITH THE SEARCH OF OIL AND GAS PROSPECTIVE OBJECTS (thermobarogeochemical study of the Badenian salt deposits of the Carpathian region)**

*Galamay A., PhD (Geol.), Associate Professor, galamaytolik@ukr.net;*

*Sydor D., PhD (Geology), dariyasydor@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine*

The physicochemical conditions of hydrocarbon migration in the Baden salt deposits of the Carpathian oil and gas province were determined by thermobarogeochemical methods. It was established that the post-sedimentation stage of formation of evaporites took place at low temperatures under the influence of highly mineralized pore brines, mainly of the sulfate type, which did not contribute to the thermolysis of dispersed organic matter kerogen in the direction of oil formation. We believe that liquid hydrocarbons in halite discovered in a number of areas are geochemical halos of dispersion of subsalt hydrocarbon accumulations.

**Вступ.** Для прогнозу покладів нафти і газу в підсольових відкладах галогенних формацій донедавна використовувалися результати комплексного геохімічного дослідження флюїдних включень у галіті та  $C_{org}$  солених відкладів, дані ізотопного складу вуглецю якого порівнювалися із ізотопним складом вуглецю нафтових покладів регіону [1–6]. Таким чином визначалась син- і епігенетична складова  $C_{org}$  солених відкладів та встановлювалась генетична єдність органічної речовини з відкладів кам'яної солі та нафтових покладів регіону.

При вивченні розсіяної органічної речовини (РОР) солених відкладів нафтогазоносних провінцій не у всіх випадках питання алохтонності чи автохтонності нафтогазопроявів солених товщ вирішується однозначно, адже встановлені у галіті низки басейнів так звані тасманіти [7, 8], на даний час, вважаються чи не головними постачальниками нафтових вуглеводнів. Часто наявність рідких вуглеводнів у флюїдних включеннях трактується як локальна міграція крізь сіль незрілої нафти, згенерованої на місці у кам'яній солі [9, 10].

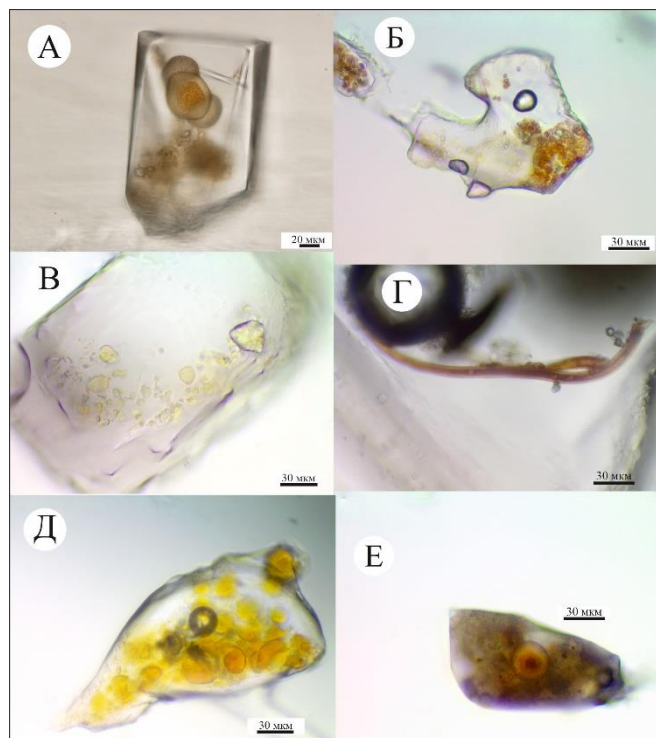
Вторинні флюїдні включення з рідкими вуглеводнями виступають показниками шляхів та умов їхньої міграції на постседиментаційному етапі геологічної історії солених відкладів та фіксують температуру, хімічний склад і концентрацію постседиментаційних розсолів.

**Метою** досліджень є встановлення походження рідких вуглеводнів баденських солених відкладів Карпатської нафтогазоносною провінції, визначення на цій підставі перспективності окремих ділянок регіону щодо скупчень нафти і газу.

**Методи дослідження.** Застосовували геохімічний, мінералого-петрографічний, ультрамікрохімічний та термометричний методи вивчення солених відкладів.

**Отримані результати, їхнє обговорення.** Встановлено, що галіт баденських солених відкладів Передкарпатського, Трансільванського, Закарпатського і Східнословачького басейнів Карпатського регіону містить численні мікрофосилії (рис. 1), а також рідкі вуглеводні у

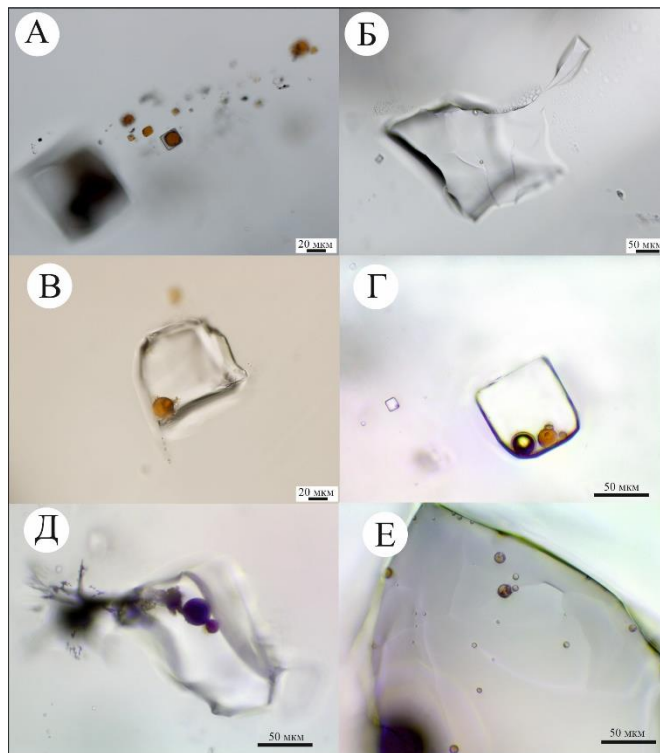
флюїдних включеннях і по площинах спайності мінералу (рис. 2).



**Рис. 1. Мікрофосилії у флюїдних включеннях у галіті:** А – пилок сосни *Pinus minutus* Zaklinskaja, св. 525 (ділянка Гринівка), гл. 376,0 м; Б – водорості червонувато-бурого кольору з горбистою структурою поверхні, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1145–1149 м; В – напівпрозорі блідо-жовті округлі водорості у великому флюїдному включенні св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1110–1114 м; Г – частина харові водорості *Characean* у флюїдному включенні, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1200–1205 м; Д – округлі водорості жовтого і оранжево-жовтого кольорів у флюїдному включенні, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1145–1149 м; Е – ціанобактерія з жовтою оболонкою і червонувато-бурою воскоподібною речовиною, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1189–1194 м

Кулясті вуглеводневі (ВВ) утворення у включеннях позбавлені будь-яких помітних структур водоростей. В ультрафіолетовому світлі під люмінісцентним мікроскопом рідкі ВВ мають жовте, коричнувато-жовте, червонувато-жовте світіння, що вказує на процес їхнього окиснення. Спектри їхнього комбінаційного розсіювання мають сильну флюоресценцію у видимій частині спектру, характерну для сполук нафтового ряду. При видобуванні голкою з включення відносно великих (більших за 50 мкм) кульок, їхній вміст розтікається, утворюючи маслянисту пляму на поверхні предметного скла. Темно-бурі кульки після надавлювання тріскають, і з них також витікає жовта рідина.

Поінтервальне дослідження температури гомогенізації однотипних (за розміром і фазовим складом) флюїдних включень у галіті на ділянках Гринівка, Величка, Бохня, Збудза, Сленік-Прахова показало, що температура перекристалізації баденських соленосних відкладів регіону становила 25–28 °С і була близькою до температури осадоагромадження. Постседиментаційні температури на ділянках Мукачеве (83 °С) і Перемишль (70 °С) були дещо підвищеними через високий геотермічний градієнт у першому випадку і значну, понад 4 км, глибину залягання відкладів – у другому.



**Рис. 2. Вторинні флюїдні включення у галіті з рідкою ВВ фазою:** А–Б – шахта Уніре (ділянка Сленік-Прахова), горизонт ІІ, 200 м від поверхні, зр. 20: А) чисельні бурувато-оранжеві скупчення рідких ВВ, Б) світло-жовті до безбарвних дрібні сферичні утворення; В – оранжеві і світло-жовті кульки ВВ, св. 525 (ділянка Гринівка), гл. 518,0 м; Г – оранжеві кульки ВВ, поверхня газової бульбашки обгорнута світло-оранжевими рідкими ВВ, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1189–1194 м; Д – червонувато-бурі кульки ВВ із забарвленням різної інтенсивності, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1200–1205 м; Е – чисельні дрібні світло-жовті кульки ВВ, св. Т-6 (ділянка Мукачеве), інтервал 1287–1291 м

Результати аналізів розчинів флюїдних включень в перекристалізованому галіті свідчать, що їхній хімічний тип такий самий, як і розсолів, з яких кристалізувався галіт у солеродних басейнах ( $\text{Na-K-Mg-Cl-SO}_4$  (збагачений на  $\text{SO}_4$ )). Склад і концентрація розчинів включень у цих двох генетичних різновидах галіту також близькі між собою. Нижча концентрація основних іонів постседиментаційних розсолів, очевидно, пов'язана з процесами катіонного обміну, адсорбції та можливим надходженням вод дегідратації гіпсу. Тому є підстави вважати, що розсоли, які брали участь у перекристалізації відкладів, мають седиментаційне походження і є захороненими розсолами солеродного басейну. Серед постседиментаційних відмічаються також суттєво знесульфачені розсоли та розсоли  $\text{Na-K-Mg-Ca-Cl}$  (збагаченого на  $\text{Ca}$ ) типу. Через значне коливання хімічного складу постседиментаційних розсолів, слід передбачати стадійне формування їхнього складу протягом формування відкладів.

Спираючись на експериментальні дані геохімічних досліджень щодо карбонізації органічної речовини (ОР) осадових порід [11], вважаємо, що встановлені низька температура, висока мінералізація і переважно сульфатний тип порових розсолів не сприяли термолізу керогену РОР відкладів у бік нафтоутворення. Очевидно, встановлені у галіті рідкі ВВ є алохтонною речовиною. Міграція ВВ відбувалася шляхом дифузії через соляні пласти або по ослабленим зонам. Різноманітне забарвлення рідких ВВ свідчить про різницю у їхньому складі. Домінування легких вуглеводневих компонентів нафти пов'язано із селективною дифузійною проникністю кристалічної матриці та, вірогідно, із пульсаційним, дискретним характером міграції. За будь-якого виду міграції рідкі ВВ затримувалися соляним екраном, що зумовило формування у солених відкладах зони геохімічного розсіювання. Пульсаційний характер міграції ВВ обумовлювався тектонічною активністю, періодичним відновленням тиску в підсолевих покладах, високою пластичністю кам'яної солі в умовах стресових навантажень (швидким заліковуванням порушень). За даними дослідження баденського галіту у соляному

розрізі на площі Гринівка геохімічні ореоли розсіювання ВВ підсольових скупчень у вигляді флюїдних включень з рідкими ВВ, охоплюють понад 200 м розрізу, на площі Збудза – близько 30 м, а у розрізі на площі Свалява – 285 метрову соленосну товщу. Зазвичай, відкладами, що перешкоджають міграції рідких ВВ у вищезалягаючі соленосні відклади є галопеліти та прошарки кам'яної солі із значним вмістом галопелітового і глинисто-галопелітового матеріалу, потужність яких може становити лише 15 см [6].

Якщо епігенетичний характер рідких ВВ у галіті досліджуваних відкладів визначається однозначно, то свідченням на користь того, що принаймні частина з них походять з підстильних нафтогазових скупчень, а не є кокками бактерій чи водорослями, є їхня будова та характер взаємопоєднання із газовою фазою (ВВ розташовуються по її периметру, або ж газова кулька міститься всередині ВВ) і тому їх слід вважати показниками вуглеводневих скупчень у підстильних відкладах.

Як приклад сприятливих фізико-хімічних умов перебігу термолізу керогену РОР у бік нафтоутворення можна навести дані термобарогеохімічних досліджень у інших нафтогазоносних провінціях – у зонах катагенезу пермських соленосних відкладів Солікамського родовища Передуралля та девонських соленосних відкладів Дніпровсько-Донецької западини, де постседиментаційна температура досягала 112 °С, а поровий склад розсолів був безсульфатним [12, 13]. Вважається, що рідкі ВВ у флюїдних включеннях у галіті цих регіонів, є результатом термолізу керогену розсіяної сингенетичної ОР у бік нафтоутворення.

**Висновки.** Термобарогеохімічними методами встановлено, що постседиментаційний етап формування баденських соленосних відкладів Карпатського регіону проходив при низьких температурах під впливом високомінералізованих порових розсолів переважно сульфатного типу, що не сприяло термолізу керогену РОР у бік нафтоутворення. Будова встановлених у галіті рідких ВВ, характер їхнього співвідношення із іншими фазами у флюїдних включеннях є свідченням того, що принаймні частина з них на ділянках Гринівка, Збудза, Сленік-Прахова, Мукачеве є епігенетичними утвореннями. Їх слід вважати геохімічними ореолами розсіювання вуглеводневих скупчень та показниками наявності ВВ покладів чи нафтогазопроявів у підстильних відкладах.

Отримання термобарогеохімічними дослідженнями прямих даних щодо генезису рідких вуглеводнів у галіті соленосних відкладів засвідчують можливість їхнього застосування у якості рекогносційних у комплексі із іншими пошуковими методами на нафту і газ.

#### **Список використаних джерел:**

1. Шанина С.Н., Бушнев Д.А., Юшкин Н.П. Состав и генезис углеводородных включений в соляных минералах Верхнекамского месторождения // ДАН. – 2000. – № 372 (6). – С. 812–815.
2. Sanina S.N. Biomarkers in organic matter of ancient salt deposits // Instrument, Methods, and Mission of Astrobiology VI. – 2003, Proceedings of SPIE, 4939. – P. 153–159.
3. Литвинюк С. Ф. Геохімічні ореоли у солях над покладами вуглеводнів (за результатами досліджень включень у галіті // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2007. – № 4. – С. 95–111.
4. Geochemical aureoles around oil and gas accumulations in the Zechstein (Upper Permian) of Poland: analysis of fluid inclusions in halite and bitumens in rock salt / V.M. Kovalevych, T.M. Peryt, S. Shanina et al. // Journal of Petroleum Geology. – 2008. – Vol. 31, N. 3. – P. 245–262.
5. Inkluzje fluidalne w halicie oraz bituminy w solach ewaporatów miocénских українського Przedkarpacia jako wskaźnik występowania nagromadzeń węglowodorów w niżej leżących utworach / D. Więclaw, S. F. Lytvyniuk, V. M. Kovalevych, T. M. Peryt // Przegl. Geol. – 2008. – T. 56. – No. 9. – S. 837–841.
6. Organic Matter of the Salt Sequence in the Southern Part of the Yakshinskoe Potassium–Magnesium Salt Deposit / S. N. Shanina, A. R. Galamay, O. O. Ignatovich et al. // Geochemistry International. – 2018, Vol. 56, N. 7, P. 719–734.



7. Fossil prasinophytes in fluid inclusions of halite from the Lower Permian evaporite deposits (Upper Pechora Basin, Russia) / A. Galamay, S. Shanina, N. Ilyna // 10-th European Palaeobotany and Palynology Conference. – University College Dublin, Ireland. – 12–17 August 2018. – P. 201.
8. Palynomorphs in fluid inclusions of halite of the ancient salt deposits / A. R. Galamay, S. N. Shanina, F. Meng et al. // V International Symp. „Evolution of Life on the Earth”. – Tomsk State University, Russia. – 12–16 November 2018. – P. 55–57.
9. Organic inclusions in salt. Part 1: solid and liquid organic matter, carbon dioxide and nitrogen species in fluid inclusions from the Bresse basin (France) / J. Pironon, M. Pagel, M-H. Leveque, M. Moge // Org. Geochem. – 1995. – Vol. 25, N. 5. – P. 391–402.
10. Organic inclusions in salt. Part 2: oil, gas and ammonium in inclusions from the Gabon margin / J. Pironon, M. Pagel, F. Walgenwitz, O. Barres // Org. Geochem. – 1995. – Vol. 23, N. 8. – P. 739–750.
11. Кушнір С. В. Проблеми парагенезису евапоритів, нафти і горючих газів // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1993. – № 4 (85). – С. 70–90.
12. Петриченко О. Й. Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід. – К.: Наук. думка, 1973. – 91 с.
13. Ковалевич В. М., Сидор Д. В. Микровключенные углеводороды в каменной соли Солекамской впадины и их генетическая информативность // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1992. – № 1 (78). – С. 89–95.

## ПЕТРОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ЗНГР ЗА ДАНИМИ КЕРНОВИХ ТА СВЕДЛОВИННИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗА ПРОГНОЗНОЮ МЕТОДИКОЮ

*Скакальська Л.В.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., м.н.с., Skakalska.sbigph@gmail.com,*

*Назаревич А.В.<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., с.н.с., nazarevych.a@gmail.com,*

*Косарчин В.І.<sup>2</sup>, канд. фіз.-мат. наук, доцент, volkos@gmail.com,*

*1 – Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна,*

*2 – Львівський університет природокористування, м. Львів, Україна*

Представлено застосування нових можливостей розробленої нами теоретико-емпіричної методики прогнозування нафтогазоносності порід розрізів свердловин за даними акустичного каротажу і кернових досліджень до даних усього Західного нафтогазоносного регіону, оцінку надійності результатів показано на прикладах таких розрахунків для окремих інтервалів розрізів досліджених свердловин.

## PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE WOGR ROCKS- COLLECTORS ACCORDING TO THE CORE AND WELL RESEARCH DATA AND BY THE PREDICTIVE TECHNIQUE

*Skakal's'ka L.<sup>1</sup>, Ph.D, researcher, Skakalska.sbigph@gmail.com,*

*Nazarevych A.<sup>1</sup>, Ph.D, senior researcher, nazarevych.a@gmail.com,*

*Kosarchyn V.<sup>2</sup>, Ph.D, associate professor, volkos@gmail.com,*

*1– Carpathian Branch of S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NASU, Lviv, Ukraine,*

*2 – Lviv Nature Management University, Lviv, Ukraine*

The application of the new possibilities of the theoretical-empirical technique of hydrocarbons prediction in wells sections based on the data of acoustic logging and core studies to the data of the entire Western oil and gas-bearing region, developed by us, is presented, the assessment of their reliability is shown on the examples of such calculations for separate intervals of the sections of the studied well.

**Вступ.** Гірська порода – це багатокомпонентна гетерогенна система, яка складається з твердої, рідкої та газоподібної фаз і мінералів, частіше, постійної будови, з малопомітними змінами основних характеристик, хоча із збільшенням територій (площ) дослідження характерне їх значне варіювання. Всестороннє вивчення властивостей порід дозволяє якнайповніше застосовувати їх в різних сферах життя, а складні зміни властивостей зумовлюють до пошуку оптимальних технологічних розв'язань з обов'язковим використанням статистичних характеристик гірських порід.

Дослідницький напрям з віднайдення різнотипних порід-колекторів для підвищення ефективності пошуків і видобування нафти та газу з них в особливих умовах війни в Україні як ніколи актуальний. А розроблена нами теоретико-емпірична методика прогнозування нафтогазоносності розрізів свердловин за даними акустичного та інших каротажів і кернових досліджень ([4, 5] та ін.) задіює в своєму апараті статистичні дослідження поведінки колекторських характеристик порід розрізів досліджуваних свердловин, комплексу їх пружних параметрів та забезпечує їх надійний прогноз разом з прогнозуванням наявності та типу флюїдонасичення у породах різних типів і генезису, що підтверджено результатами апробації методики (з використанням розробленого програмного забезпечення) для обробки даних щодо сланцевих, вапнякових і пісковикових порід у розрізах глибоких свердловин різних родовищ і перспективних площ Західного нафтогазоносного регіону України (ЗНГР) [4].

**Методика.** Теоретико-емпіричну методику прогнозування нафтогазоносності розрізів свердловин [4, 5] розроблено і побудовано як систему теоретичних та емпіричних співвідношень, узагальнену в прогнозний функціонал, з залученням даних акустичного каротажу (АК) та кернових досліджень. Теоретичні залежності між пружними характеристиками гірських порід виведено з урахуванням впливу тиску (глибини), пористості, типу флюїду – заповнювача пор (води, нафти, газу), нелінійної пружності, структурно-дисперсійних особливостей гірських порід (шаруватості, мікропористості). Емпіричні залежності між фізичними та колекторськими властивостями гірських порід побудовано із застосуванням параметричної бази даних гірських порід конкретних територій та геологічних структур. Тип

заповнювача пор у кожному умовному досліджуваному прошарку породи прогнозується:

- за порівнянням швидкостей, обчислених з урахуванням теоретичних та емпіричних залежностей та швидкостей – фактичних даних АК для конкретного прошарку з інтервалу (розрізу) свердловини;

- за розрахованою густиною заповнювача пор кожного прошарку з інтервалу;

- за стисливістю породи кожного прошарку з інтервалу .

Також розроблено варіанти прогнозу методикою з використанням даних гамма-каротажу, електричного каротажу, офсетних даних. Для реалізації прогнозу методикою побудовано відповідні загальні алгоритми розрахунків та алгоритми роботи окремих програмних модулів, розроблено відповідне програмне забезпечення у середовищах Fortran, C# і Excel [5].

**Результати.** Надійні результати прогнозу отримано під час апробації методики на даних свердловин ряду структур ЗНГР, зокрема, на даних свердловин 18- та 19-Залужанських, 1-Ліщинської, 3-Бучацької, 28-Никловицької, 2-Зарічянської, 4-Північно-Зарічянської, 23-Орховицької. Результати добре узгоджуються з даними незалежних досліджень щодо коефіцієнта пористості та швидкостей пружних хвиль, типу заповнювача пор, що дозволяє розширювати коло застосувань методики.

До нових напрямків розвитку її належать:

- 1) спосіб оцінки ступеня розкритості вертикальних тріщин досліджуваних розрізів свердловин (розраховуємо параметр  $V_s/V_p$ , коефіцієнт Пуассона  $\nu$  чи бокового розпору  $Q_{side}$  для кожного прошарку);

- 2) спосіб визначення типів порід прошарків за комплексом петрофізичних характеристик, зокрема, за стисливістю породи  $\beta_T$ , за густиною її твердої фази  $\rho_T$ ;

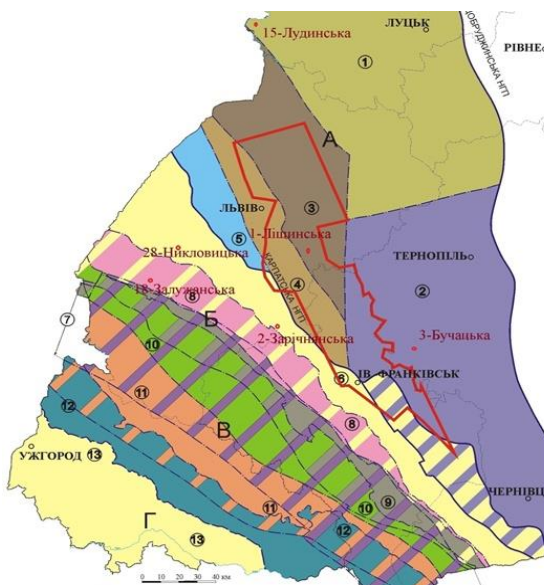
- 3) спосіб встановлення впливу температур на пружні характеристики порід прошарків із застосуванням геотермічного градієнта чи геотермічного ступеня, оскільки із збільшенням глибини залягання пластів підвищується і температура, хоча такі її зміни часто багатопричинні та складні.

Результати геоастрономічних досліджень, які проводилися вченими різних країн, дають підстави припускати, що геотермічний градієнт, відомий для верхніх шарів земної кори, зберігається тільки до глибини близько 20 км, далі зростання температури сповільнюється. Засобами теоретико-емпіричної методики робляться кроки для визначення наявності кореляційного впливу температур на зміни природних характеристик порід прошарків, тобто, визначаються форми залежностей їх від, наприклад, геотермічного ступеня чи геотермічного градієнта.

Оскільки прогнозна методика «працює» з тонкими умовними прошарками, на які розбивається інтервал розрізу свердловини, відповідно до кроку даних використовуваного каротажу, отримуємо дуже детальні результати вздовж розрізу свердловини. Зокрема, за піками параметра  $V_s/V_p$ , розрахованими за методикою, можемо визначати локалізацію пор і тріщин у породах-колекторах, тобто, фільтраційну систему. Також ця система відображається високим коефіцієнтом пористості у тонких прошарках породи та їх високою стисливістю. Значення спрогнозованих величин швидкостей пружних хвиль або коефіцієнта Пуассона  $\nu$  використовуємо для розрахунку коефіцієнта бокового розпору  $Q_{side}$ , який визначає ступінь трансформації вертикального тиску в боковий і дає можливість оцінити проникність гірських порід розрізу, фільтраційні характеристики, оцінити наявні на конкретних горизонтах і в прошарках розрізу свердловини колектори та покришки [5].

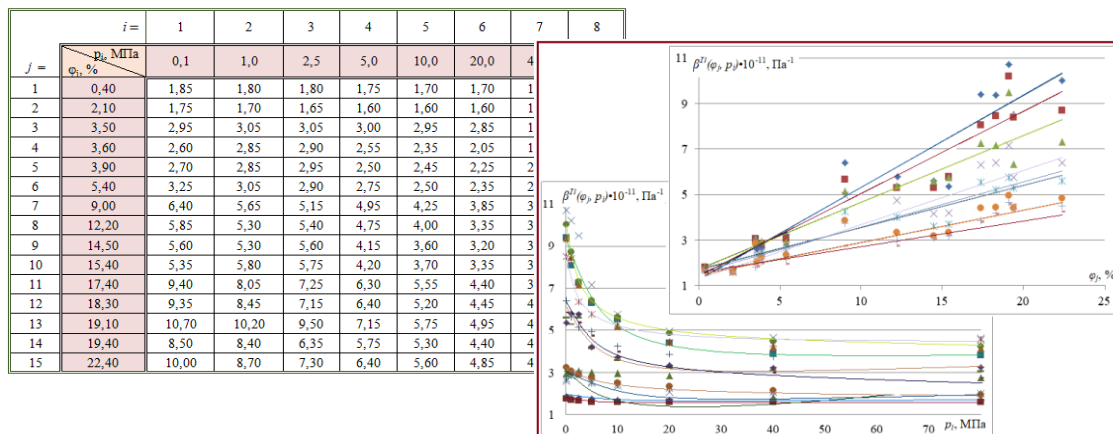
При роботі з методикою проведено детальний аналіз залежності параметра стисливості порід від їх пористості та робочого тиску для різних типів і підтипів порід-колекторів ЗНГР. Для загальної параметричної бази ЗНГР та для ряду конкретних типів порід, характерних для регіону, побудовано уточнені емпіричні співвідношення між вказаними параметрами [4]. На основі цих співвідношень запропоновано спосіб ідентифікації типу породи за розрахованими засобами методики стисливістю породи та густиною її твердої фази у кожному прошарку розрізу свердловини та іншими її петрофізичними характеристиками за відомими даними попередніх лабораторних досліджень без видобування і досліджень керну конкретної свердловини.

**Приклади.** Нижче наведено результати застосування прогностної методики і описаних нових способів для дослідження порід ЗНГР та глибоких порід Прикарпаття, наведено приклади таких застосувань методики до дослідження розрізів свердловин 1-Ліщинська, 28-Никловицька (рис. 1). За всіма параметрами достатньо чітко виділяються горизонти порід різного віку і різних типів/підтипів. Така диференціація виразно проявляється у величинах швидкостей Р- та S-хвиль, у параметрі  $V_s/V_p$ , у модулях зсуву, в густинах твердої фази порід прошарків.



**Рис. 1** Локалізація досліджених за теоретико-емпіричною методикою свердловин на карті-схемі тектоніки ЗНГР, отриманої за даними ЛВ УкрДГРІ

Оцінка бази даних ЗНГР (за даними УкрДГРІ). За даними бази стисливостей та розрахованих засобами прогностної методики для зразків порід ЗНГР (таблиця на рис. 2) швидкостей об'ємних хвиль, обчислено також значення параметра  $V_s/V_p$  (рис. 3), коефіцієнта Пуассона (рис. 4), коефіцієнта розкритості тріщин  $Q_{side}$  (рис. 5) та побудовано відповідні математичні співвідношення для розрахунку таких параметрів для змінних значень тиску та пористості. В першому наближенні отримано для бази ЗНГР значення стисливості твердої фази порід зразків  $\beta_T = 1,569 \cdot 10^{-11} \text{ Па}^{-1}$ ; густини  $\rho_T = 2719,08 \text{ кг/м}^3$ ; коефіцієнта Пуассона  $\nu_T = 0,28$ . За розрахованими за прогностною методикою значеннями швидкостей об'ємних хвиль для досліджених свердловин отримано значення коефіцієнта Пуассона для основних типів гірських порід ЗНГР (табл. 1).



**Рис. 2** Експериментальні значення стисливості  $\beta^T(\phi_j, p_i) \cdot 10^{-11}, \text{ Па}^{-1}$  для зразків порід з параметричної бази порід-колекторів ЗНГР з різною пористістю за конкретних значень тиску (за даними УкрДГРІ). Степенева залежність стисливості від тиску (зліва внизу) та лінійна – від пористості (справа вгорі) для даних параметричної бази ЗНГР з таблиці зліва

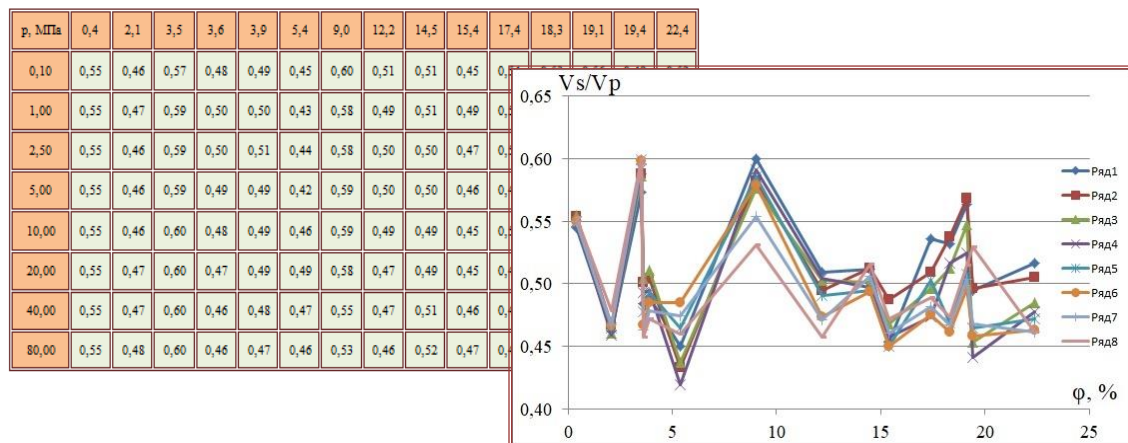


Рис. 3 Сім'я розрахованих значень параметра  $V_s/V_p$  для характерного діапазону тисків і пористостей ЗНГР

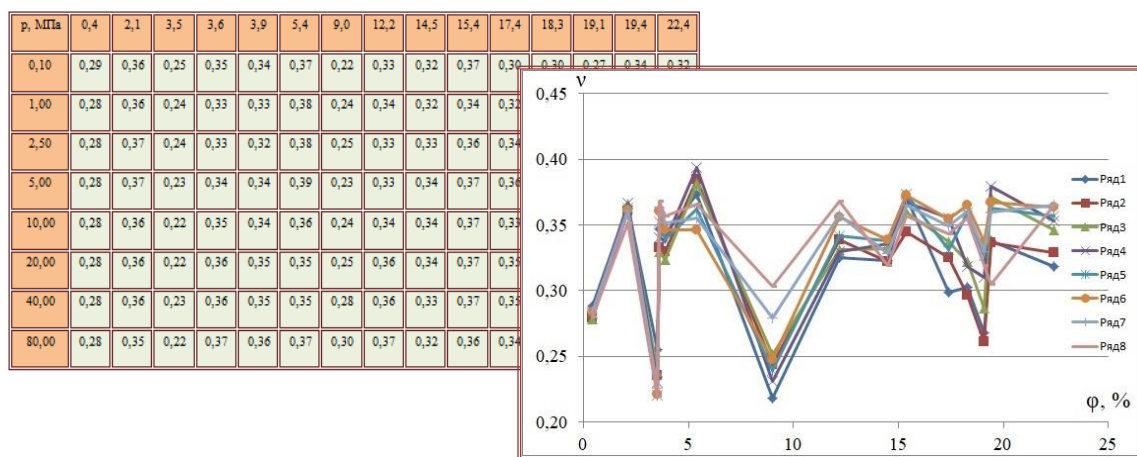


Рис. 4 Сім'я значень коефіцієнта Пуассона для характерного діапазону тисків і пористостей ЗНГР

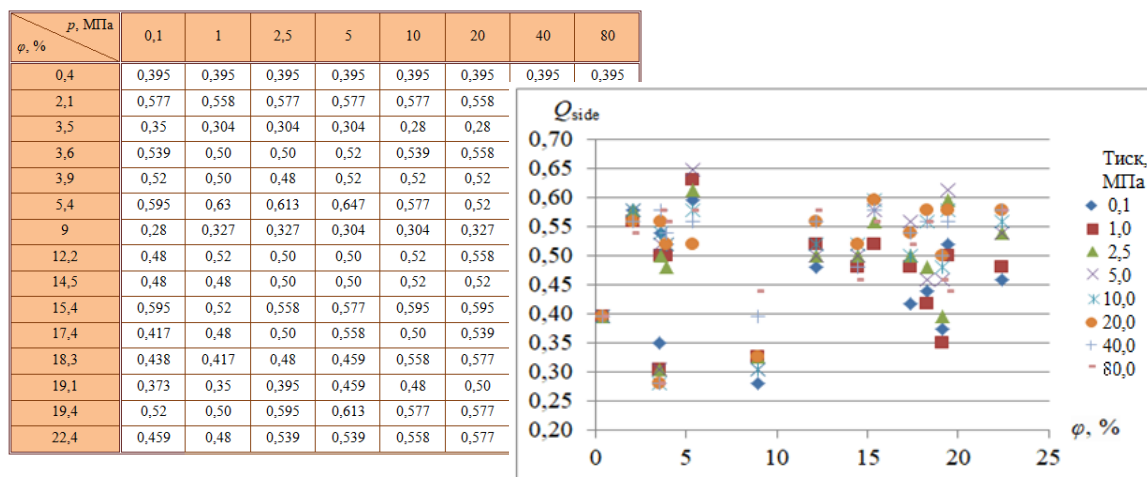


Рис. 5 Сім'я значень коефіцієнта розкритості тріщин для зразків порід параметричної бази ЗНГР з різною пористістю за різних тисків

Визначено такі діапазони зміни значень параметрів при зміні тиску в межах 0,1-80,0 МПа і пористості – 0-25 %:  $0,42 \leq V_s/V_p \leq 0,60$  з середнім 0,50;  $0,22 \leq \nu \leq 0,39$ ; середнє – 0,33.

Мінімальне значення  $V_s/V_p$  є для  $p=5$  МПа і  $\varphi=5,4$  %; максимальне – для зразка з  $\varphi=3,5$  % для різних тисків.

Ступінь розкритості тріщин порід ЗНГР (див. рис. 5) визначено за коефіцієнтом бокового розпору. Визначено, що коефіцієнт розкритості тріщин для порід ЗНГР при  $p=0,1$  МПа змінюється від 0,28 для зразка з  $\varphi=9\%$  до 0,6 для зразка з  $\varphi=15,4\%$ ; при  $p=5$  МПа  $Q_{side\max}=0,65$  для зразка з  $\varphi=5,4\%$ . Для більших тисків  $Q_{side}$  зменшується, що означає змикання тріщин з глибиною.

Проаналізувавши довідникові дані для коефіцієнта Пуассона та розраховані за формулами прогнозу методикою отримуємо, що для бази даних ЗНГР взято зразки порід, близькі до щільних глин, пісковики, вапняки, гравії.

Таблиця 1

**Значення коефіцієнта Пуассона для основних типів гірських порід ЗНГР за розрахованими за прогнозу методикою значеннями швидкостей об'ємних хвиль для досліджених свердловин**

Тип породи	$V_p$			$V_s/V_p$				$\nu$		
	Мін	Макс	Середнє	Довідник [Корн, 1970]	Мін	Макс	Середнє	Мін	Макс	Середнє
Аргіліт	3300	4500	3900	0,667	0,622	0,666	0,641	0,10	0,184	0,151
Пісковик	3000	5300	4150	0,6667	0,660	0,667	0,663	0,10	0,113	0,109
Ангідрит	5300	6100	5700	0,547	0,547	0,557	0,552	0,27	0,29	0,280
Вапняк	2600	7100	4850	0,538	0,521	0,538	0,526	0,29	0,314	0,309
Доломіт	3550	4150	2850	0,517	0,517	0,525	0,523	0,31	0,32	0,312

Свердловина 28-Никловицька. Отримане для інтервалу розрізу (1116,20-1121,90 м) за прогнозу методикою середнє значення пористості по всіх прошарках – 15,58 %. Середні значення швидкостей по розрізу (табл. 2):  $V_p=3144,49$  м/с;  $V_s=1604,31$  м/с;  $V_s/V_p=0,52$ ;  $\rho^o=2299,32$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_T=2723,61$  кг/м<sup>3</sup>,  $Q_{side}=0,45$ , що відповідає даним для вапняка. Прогноз нафтогазоносності за методикою узгоджується з даними ВАТ «Карпатське УГР». Числові значення розрахованих за прогнозу методикою швидкостей пружних хвиль, пористості і густини для інтервалу 1116,2-1121,9 м розрізу свердловини 28Д-Никловицька показано у табл. 2.

Таблиця 2

**Багатопараметрична оцінка порід розрізу свердловини 28-Никловицька (1116,20-1121,90 м)**

	$\varphi, \%$	$V_p, \text{ м/с}$	$V_s, \text{ м/с}$	$V_s/V_p$	$\rho^o, \text{ кг/м}^3$	$\rho_T, \text{ кг/м}^3$	$\mu, \text{ ГПа}$	$\nu$	$Q_{side}$
Середнє	15,58	3144,49	1604,31	0,52	2299,32	2723,61	599,60	0,295	0,447
Макс	18,66	3650,00	1851,71	0,63	2380,00	2733,69	802,72	0,383	0,621
Мін	12,29	2818,92	1388,34	0,44	2223,60	2713,48	428,60	0,170	0,205

Свердловина 1-Ліщинська. Хороші результати отримано для інтервалу розрізу свердловини 1-Ліщинська (2020,0-3540,0 м). Середні значення швидкостей по ділянці розрізу:  $V_p=4482,52$  м/с;  $V_s=2982,56$  м/с;  $V_s/V_p=0,60$ ;  $\rho^o=2408,69$  кг/м<sup>3</sup>,  $Q_{side}=0,18$ , що відповідає даним для пісковика або вапняку [2].

За розрахунковою густиною твердої фази порід ( $2668,85$  кг/м<sup>3</sup>– $2699,12$  кг/м<sup>3</sup>), за значенням пористості, модуля зсуву, коефіцієнта розкриття тріщин шарів по всьому інтервалу розрізу прогнозуються алевролітові пісковики, можливо вапняки. На такі породи вказують швидкості Р- і S-хвиль, значення параметра  $V_s/V_p$ . Загальна пористість, в середньому, становить близько 10,13 %; також прогнозуються майже непроникні шари; коефіцієнт бічного розпору  $0,13 \leq Q_{side} \approx 0,18 \leq 0,31$ .

Прогноз за методикою добре узгоджується з даними інших досліджень. Зокрема, для інтервалу 2443-2518 м отримано густину твердої фази  $2679,42$  кг/м<sup>3</sup>, що лише на 3 % менше, ніж отримано Безродною І.,  $\rho_T=2762$  кг/м<sup>3</sup>, [1], середнє значення пористості, обчислене за методикою



для цього інтервалу становить 11,54 %; результат відрізняється від отриманого Безродною І. [1, 3], вапняк,  $\phi=11,43$  %, лише на 0,11 %.

Для прошарку пісковика (2346-2352 м) Безродною І. отримано середні значення  $\rho_t=2672$  кг/м<sup>3</sup>,  $\phi=12,16$  %. Отримані за прогножною методикою середні значення цих характеристик прошарку для вибраного інтервалу такі: пісковик,  $\rho_t=2679,42$  кг/м<sup>3</sup>,  $\phi=12,20$  %. Узгодження прогнозних результатів, отриманих за теоретико-емпіричною методикою, з результатами ГДС [2] та за методикою Безродної І. [1] на лице.

**Висновки.** Прогнозуванням за запропонованою теоретико-емпіричною методикою з використанням даних проведених для розрізів свердловин каротажів отримуємо:

- надійний багатопараметричний прогноз пружних та колекторських характеристик порід цих розрізів і типу їх флюїдонасичення;

- можливість оцінювати ступінь розкритості вертикальних тріщин, а отже, проникності порід розрізу свердловини за коефіцієнтом розкритості тріщин. За зміною ступеня розкритості вертикальних тріщин прогнозуємо можливість відновлення запасів вуглеводнів, така відновна властивість виявлена впродовж останніх десятиріч на низці відпрацьованих родовищ;

- можливість за комплексом петрофізичних характеристик порід попошарково у розрізах досліджених свердловин визначати типи порід.

#### Список використаних джерел:

1. Безродна І. М. Оцінка будови пустотного простору та типів порід-колекторів свердловини № 1 Ліщинської площі Волино-Поділля. *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2013. 1(60). С. 32–37.

2. Куровець І. М., Сеньковський І. М., Михайлов В. А. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: Монографія. : У восьми томах. Книга II. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр. 2014. 400 с.

3. Продайвода Г. Т., Вижва С. А., Безродна І. М. та ін. Геофізичні методи оцінки продуктивності нафтових і газових пластів. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2011. 367 с.

4. Скакальська Л. В. Прогнозування пружних характеристик та нафтогазоводонасиченості порід у розрізах свердловин за даними акустичного каротажу і кернових досліджень. Автореф. дис. ... кандидата фіз.-мат. наук. Київ: ІГФ НАН України, 2021, 22 с.

5. Skakalska L., Nazarevych A., Kosarchyn V. The theoretical-empirical technique of hydrocarbons prediction in wells sections. New aspects. *Геофіз. журн.* 2021. 1(43). Р. 160-180. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021. 225545.

## ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ МЕТАНОВУГІЛЬНОГО ТЯГЛІВСЬКОГО РОДОВИЩА ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

*Бучинська І.В., к. геол. н., с. н. с.; ibuchynska@ukr.net;*

*Матрофайло М.М., к. геол.-мінер. н., с. н. с.; mmatrofaylo@gmail.com;*

*Побережський А.В., к. геол.-мінер. н., с. н. с.; andriy.poberezhskyy@gmail.com,*

*Ступка О.О., к. геол. н., stupkaoksana@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна*

В умовах воєнного часу і післявоєнного відновлення країни потреба використання у паливо-енергетичному комплексі України нетрадиційних видів вуглеводневої сировини займатиме чільне місце. Метан газівугільних родовищ розглядається як нетрадиційний, альтернативний природному газу енергоносіє, а вугільні родовища – як комплексні газо(метано)вугільні. Необхідним є новий підхід до вуглевидобувного комплексу Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ) як до рівноправного та сильного гравця на вугільному ринку України.

Тяглівське родовище відноситься до Південно-Західного вугленосного району ЛВБ. В роботі дана характеристика геологічної будови, стратиграфії товщі. Основна промислова вугленосність пов'язана з вугільними пластами  $v_6$ ,  $n_7(n_7^u)$ ,  $n_7^l(n_7)$ ,  $n_7^b$ ,  $n_8$ ,  $n_8^b$ ,  $n_9$ ,  $b_1$  і  $b_4$ . За марочним складом на родовищі переважає газове і жирне вугілля.

Охарактеризовано газонасність вугленосної товщі Тяглівського родовища, яке є найбільш газонасним в ЛВБ. Газ вугільних пластів башкирського і верхньої частини серпуківського ярусів містять від 80 до 96 % об. метану. Метанонасність зростає зі стратиграфічною глибиною і дещо відрізняється в східному і західному крилах Тяглівської синкліналі (східне крило є більш метанонасним).

Тяглівське родовище ЛВБ необхідно розглядати як комплексне метановугільне, в межах якого вугілля і метан можуть вважатися взаємопов'язаними та взаємозалежними корисними копалинами.

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE METHANE COAL TYAGLIV FIELD OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

*Buchynska I., Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher, ibuchynska@ukr.net;*

*Matrofaïlo M., Cand. Sci. (Geol. & Min.), Senior Researcher; mmatrofaylo@gmail.com;*

*Poberezhskyy A., Cand. Sci. (Geol. & Min.), Senior Researcher, andriy.poberezhskyy@gmail.com,*

*Stupka O., Cand. Sci. (Geol.), stupkaoksana@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

In wartime and post-war reconstruction of the country, the need to use unconventional hydrocarbon raw materials in the fuel and energy complex of Ukraine will be of paramount importance. Methane from gas-coal deposits is considered as an unconventional energy carrier alternative to natural gas, and coal deposits are considered as complex gas (methane) coal deposits. A new approach to the coal mining complex of the Lviv-Volyn Coal Basin as an equal and strong player in the Ukrainian coal market is needed.

Tyahliv field belongs to the South-Western coal-bearing area of the Lviv-Volyn Coal Basin. The paper describes the characteristics of the geological structure and stratigraphy of the field. The main commercial coal content is associated with coal seams  $v_6$ ,  $n_7(n_7^u)$ ,  $n_7^l(n_7)$ ,  $n_7^b$ ,  $n_8$ ,  $n_8^b$ ,  $n_9$ ,  $b_1$  і  $b_4$ . The deposit is dominated by gas and fatty coals in terms of grade composition.

The gas content of the Tyahlivska coal seam, which is the most gas-bearing deposit in the Lviv-Volyn basin, is characterized. Gases from coal seams in the Bashkir and upper part of the Serpukhivska seams contain 80 to 96% methane by volume. The methane content increases with stratigraphic depth and differs somewhat in the eastern and western wings of the Tyahlivska syncline (the eastern wing is more methane-bearing).

The Tyahliv field of the Lviv-Volyn Coal Basin should be considered as a complex methane-coal field, where coal and methane can be considered interrelated and interdependent minerals.

Економічне становище України з часу набуття незалежності значною мірою зумовлене відсутністю власних дешевих джерел енергії. Одним із вагомих чинників подолання кризи в економіці України є належне забезпечення потреб економіки в мінерально-сировинних ресурсах та ефективне їх використання. Вихід з цієї ситуації – це пріоритетний розвиток нових енергетичних технологій, що базуються на значних запасах в Україні кам'яного і бурого вугілля та істотне нарощування обсягів використання нетрадиційних та альтернативних джерел енергії [1]. Вугілля в Україні – єдина енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для

забезпечення енергетичної безпеки держави. Метан вугільних родовищ розглядається як вид сировини, що належить категорії В (мінеральна сировина, родовища якої в Україні наявні, запаси їх (у тому числі значні) розвідані, але сировина видобувається в обмежених обсягах або не видобувається взагалі) [1]. Важливий додатковий ресурсний потенціал вуглеводневої сировини пов'язаний з покладами метану вугільних родовищ Донецького та Львівсько-Волинського вугільних басейнів. Станом на 1 січня 2010 року в Україні балансові запаси категорій А+В+С1 та С2 оцінені в 313,9 млрд куб. метрів метану вугільних родовищ (на балансі діючих шахт – 140,8 млрд куб. метрів).

Згідно [2], стимулювання діяльності з геологічного вивчення, видобування та використання газу (метану) вугільних родовищ є одним з провідних напрямів державної політики у сфері підвищення рівня безпеки видобутку вугілля та зменшення залежності України від імпортованих енергетичних ресурсів і базується на створенні державою сприятливих умов для здійснення такої діяльності.

В умовах воєнного часу і післявоєнного відновлення країни потреба використання у паливно-енергетичному комплексі (ПЕК) України нетрадиційних видів вуглеводневої сировини займатиме чільне місце. Метан газувугільних родовищ Львівсько-Волинського басейну розглядається як нетрадиційний, альтернативний природному газу енергоносію, а вугільні родовища – як комплексні газо(метано)вугільні. Соціальна та економічна значимість робіт такого напрямку полягає в обґрунтуванні можливості та доцільності комплексного використання газувугільних родовищ. Ефективне забезпечення країни енергоресурсами можливо, головним чином, за рахунок активізації розвитку власних паливно-енергетичних комплексів.

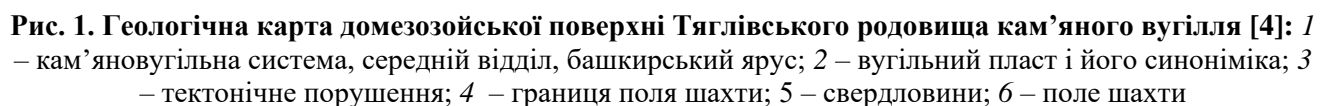
Видобуватися супутній газ може з дегазаційної системи шахти чи зі спеціально пробурених свердловин. Одна з складових економічної ефективності видобутку газу це можливість використання його локально, тобто в самому регіоні видобутку. Але основним, крім економічного ефекту, слід вважати зменшення небезпеки вибухів на вугільних шахтах, що дозволить зменшити кількість нещасних випадків і смертей при видобутку вугілля.

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн займає важливе місце в економіці України. Довгі роки державна стратегія забезпечення потреб України вугіллям була цілковито зорієнтована на Донбас. Влада не приділяла достатньої уваги іншим джерелам вугільної сировини. Через військові дії на Донбасі та повномасштабну російсько-українську війну виведено з експлуатації багато вугільних шахт, внаслідок чого видобуток вугілля в Україні скоротився більш як на 60 %. Необхідним є новий підхід до вуглевидобувного комплексу ЛВБ як до рівноправного та сильного гравця на вугільному ринку України [3].

Тяглівське родовище відноситься до Південно-Західного вугленосного району ЛВБ. З будівництвом та експлуатацією гірничовидобувних комплексів в межах цього району пов'язують перспективи нарощування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Тяглівське родовище кам'яного вугілля (рис.1) приурочене до однойменної синкліналі, відділяється від Межирічанської синкліналі Червоноградського геолого-промислового району Белз-Милятинською антиклінальною зоною, купольна частина якої ускладнена серією насувів, скидо-насувів і насувів з амплітудою від 25 до 200 м.

Вісь Тяглівської синкліналі зміщена від західного крила і має північно-західне простягання з пологим зануренням ( $1-2^\circ$ ). Падіння порід в осьовій частині структури не перевищує  $1-2^\circ$ , на крилах змінюється від  $4-5^\circ$  на заході до  $8-9^\circ$  на сході. В осьовій частині синкліналі відзначається антиклінальне підняття, яке супроводжується Тяглівським скидом і його західним супутником – скид №1. На захід Тяглівська синкліналь змінюється вузьким підняттям – Бутинською антиклінальною зоною, купольна частина якої ускладнена Бутинь-Хлівчанською зоною насувів, складеною з 3–4, а місцями з п'яти зближених порушень. Зона має південно-західне падіння під кутом  $45-85^\circ$  і амплітуду від 5–7 до 80–90 м.



ТЕО детальної розвідки родовища («УкрНДІпроект», 1981) Тяглівське родовище поділено на три поля шахти: Тяглівські № 1, 2, 3. На полі шахти Тяглівська № 1 проведена детальна розвідка, запаси вугілля затверджені ДКЗ СРСР у 1986 р. (протокол № 1082 від

28.11.1986 р) і об'єкт передано Мінвуглепрому України у 1987 р. для промислового освоєння першої черги із вводом в експлуатацію у 2004 р. На полях Тяглівські № 2 і 3 в 1994 році завершена попередня розвідка та складено ТЕО доцільності проведення детальної розвідки.

У стратиграфічному розрізі родовища виділяються верхньодевонські карбонатні відклади, кам'яновугільні відклади і перекриваючі їх теригенні юрські, карбонатні верхньокрейдові, а також четвертинні відклади. Девонські утворення представлені кавернозними вапняками і червоно-бурими пісковиками франського і фаменського ярусів. Відклади кам'яновугільної системи належать до турнейського, візейського, серпуховського і башкирського ярусів. На Тяглівському родовищі відклади хорівської світи турнейського ярусу відсутні. Глибина залягання продуктивних кам'яновугільних відкладів коливається від 528 м до 1050 м. Вугленосна теригенно-карбонатна товща складена пісковиками, алевролітами, аргілітами, вапняками і пластами вугілля.

Промислова вугленосність родовища пов'язана з вугільними пластами  $v_6$ ,  $n_7(n_7^H)$ ,  $n_7^1(n_7)$ ,  $n_7^B$ ,  $n_8$ ,  $n_8^B$ ,  $n_9$ ,  $b_1$  і  $b_4$ . Переважають пласти тонкі і середньої потужності. За середніми значеннями потужностей до групи дуже тонких належить лише вугільний пласт  $n_9$  на полі шахти Тяглівська № 1. Решта вугільних пластів належить до групи тонких (0,61-1,2 м), деколи середніх (1,21-2,0 м). На Тяглівському родовищі переважає середньозольне, малозольне і зольне вугілля. В пластах  $n_7$ ,  $n_7^1$ ,  $n_7^B$ ,  $n_9$  і  $b_1$  спостерігаються незначні площі багатозольного вугілля (вміст золи більше 35 %). За вмістом сірки переважає сірчисте вугілля, якому підпорядковане середньосірчисте [4, 5]. Пласти  $v_6$ ,  $n_7$ ,  $n_7^1$ ,  $n_7^B$  і  $n_8$  містять малосірчисте вугілля. В пластах  $n_8^B$ ,  $n_9$ ,  $b_1$ ,  $b_9$  досить значні запаси багатосірчистого вугілля з вмістом сірки 4,10-4,50 %. За марочним складом на родовищі переважає вугілля технологічних груп Г і Ж (газове і жирне вугілля). Дослідженнями доведено, що вугілля марки Г всіх пластів придатне до коксування. Загальні розвідані запаси вугілля складають 377360 тис. т, в тому числі: балансові запаси 298912 тис. т за категоріями В+С1+С2 або 79,2 %, забалансові – 78448 тис. т за категоріями С1+С2 або 20,8 %. Переважна більшість балансових і забалансових запасів вугілля на родовищі залягають на глибині 600-900 м [4, 5].

Тяглівське родовище найбільш газоносне в ЛВБ. Газу пластів башкирського і верхньої частини серпухівського ярусів містять від 80 до 96 % об. метану. Метаносність зростає зі стратиграфічною глибиною і дещо відрізняється в східному і західному крилах Тяглівської синкліналі (східне крило є більш метаносним) (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст метану і метаносність промислових вугільних пластів Тяглівського родовища [6]

Вугільні пласти	Вміст метану, % об	Метаносність, м <sup>3</sup> /т с. б. м.	
		Західне крило синкліналі	Східне крило синкліналі
$b_4$	30–92	$\frac{3,7-7,0}{5,0}$	$\frac{3,9-8,4}{6,0}$
$n_9$	30–95	$\frac{3,7-18,0}{10,0}$	$\frac{3,8-16,0}{12,0}$
$n_8^B$	80–90	$\frac{5,2-28,0}{13,0}$	$\frac{5,5-18,2}{12,0}$
$n_8$	80–90	$\frac{7,9-23,0}{17,0}$	$\frac{7,9-22,2}{18,0}$
$n_7^B$	83–92	$\frac{2,8-29,8}{16,75-}$	$\frac{6,5-25,0(69)}{16,9}$
$n_7$	80–96	$\frac{6,9-30,0}{18,0}$	$\frac{7,9-25,2}{19,0}$
$v_6$	Південь 90,0	20,0–22,3	24,5

У верхній азотно-метановій зоні (пласти  $b_4$  і  $b_1$ ) вміст метану коливається від 0,06–0,10 до 44,2–48,7 % і в середньому складає близько 47,0 %. Кількість азоту, який домінує в зоні, змінюється в широких межах – від 46,5 до 97,8 %, а вуглекислого газу – від 0,60 до 0,94 %. З

тяжких вуглеводнів зрідка присутній етан (в сотих долях %), кількість водню незначна (< 1 %).

У метановій зоні (табл. 2) вміст метану коливається в межах 60–80 % об. і максимально становить 98,8 % об. Інколи в газовій суміші є етан (0,05 % об.), пропан та бутан у незначній кількості. Вміст діоксиду вуглецю змінюється в межах 2,5–6,0 % об. В незначній кількості знайдено водень (0,12–1,8 % об). У поодиноких пробах газової суміші визначається гелій вміст якого не перевищує 0,5 %. [7, 8].

Таблиця 2

Газоносність та склад газів пластів  $n_9, n_8^B, n_8, n_7^B$  Тяглівського родовища [9]

Пласт	Крило синкліналі	Склад газу, % об				Газоносність, м3/т с. б. м.
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N	
$n_9$	Захід	<u>0,06–3,3(36)</u> <u>1,23</u>	<u>0,21–6,34 (36)</u> <u>1,21</u>	<u>50,76–92,43(36)</u> <u>74,68</u>	<u>0,1–45,13(36)</u> <u>21,83</u>	<u>2,7–23,1(36)</u> <u>10,46</u>
	Схід	<u>0,05–1,68(26)</u> <u>0,54</u>	<u>0,05–5,92(26)</u> <u>1,91</u>	<u>36,13–98,67(26)</u> <u>78,92</u>	<u>0,53–60,67(26)</u> <u>18,06</u>	<u>2,8–19,1(26)</u> <u>11,49</u>
$n_{8B}$	Захід	<u>0,03–2,1(21)</u> <u>0,46</u>	<u>0,26–3,37(21)</u> <u>1,45</u>	<u>61,49–93,44(21)</u> <u>88,37</u>	<u>4,9–36,05(21)</u> <u>12,44</u>	<u>5,2–28,7(21)</u> <u>14,69</u>
	Схід	<u>0,03–1,05(24)</u> <u>0,48</u>	<u>0,16–2,77(24)</u> <u>1,19</u>	<u>55,51–96,53(24)</u> <u>85,27</u>	<u>3,14–42,79(24)</u> <u>12,46</u>	<u>5,5–18,2(24)</u> <u>13,21</u>
$n_8$	Захід	<u>0,03–23,7(50)</u> <u>0,88</u>	<u>0,03–5,52(50)</u> <u>1,14</u>	<u>21,79–96,87(50)</u> <u>80,7</u>	<u>0,95–75,98(50)</u> <u>16,54</u>	<u>1,4–24,2(50)</u> <u>13,8</u>
	Схід	<u>0,09–0,96(16)</u> <u>0,4</u>	<u>0,16–2,55(16)</u> <u>1,2</u>	<u>66,5–95,51(16)</u> <u>84,31</u>	<u>3,33–30,94(16)</u> <u>13,9</u>	<u>5,9–22,1(16)</u> <u>13,54</u>
$n_{7B}$	Захід	<u>0,02–8,9(72)</u> <u>0,62</u>	<u>0,02–8,9(72)</u> <u>1,06</u>	<u>21,8–99,0(72)</u> <u>85,52</u>	<u>0,91–66,7(72)</u> <u>11,85</u>	<u>2,8–29,8(72)</u> <u>16,75</u>
	Схід	<u>0,03–2,57(69)</u> <u>0,55</u>	<u>0,06–3,14(69)</u> <u>1,36</u>	<u>52,9–96,98(69)</u> <u>87,99</u>	<u>1,77–43,7(69)</u> <u>10,97</u>	<u>6,5–25,0(69)</u> <u>16,9</u>

Верхня межа метанової зони на родовищі встановлена на глибинах 580-630 м на західному крилі синкліналі і на глибинах 540-550 м – на східному. Вміст метану для всіх проаналізованих пластів більший для східного крила (див. табл. 2).

Це пояснюється близьким розташуванням Великомоствіського газового родовища. Кількість метану збільшується з глибиною. Для західного крила синкліналі середні значення по пластах, що досліджувалися, збільшуються від 74,68 до 85,52 об %. В окремих пробах максимальна кількість метану 99,0 % об. Для східного крила – середні значення зростають від 78,98 до 87,99 об %, при максимальних значеннях 98,67 об %.

Вміст азоту в газах вугільних пластів зменшується зі стратиграфічною глибиною. В західному крилі від 21,3 до 11,85 % об, а в східному – від 18,06 до 10,97 % об. В газах суфлярів середній вміст азоту змінюється від 5 до 33 % об. [6, 8, 9].

Вміст діоксиду вуглецю в газах вугільних пластів в західному крилі коливається в межах від 1,23 до 0,62 % об, а в східному – від 0,88 до 0,4 % об.

Положення верхньої границі метанової зони визначається поширенням і потужністю юрських і крейдових відкладів, які слугують газотривом (екраном). Вміст метану коло верхньої межі газової метанової зони коливається від 60 до 80 %. Нижче вміст метану виростає до 60–98 % (при максимальному значенні 99,6 %). Деколи в газовій суміші в мінімальних концентраціях з'являються етан (0,03 %), деколи пропан. Вміст вуглекислого газу до 2,5–5,4 %, деколи досягає 6 %. Загалом зменшується кількість азоту до 12–35,9 %, наявність якого супроводжується гелієм (0,03–0,6%) як поширеним міграційним компонентом.

Досліджуючи якісний склад природних газів вугленосної товщі Тяглівського родовища



Львівсько-Волинського басейну приходимо до висновку, що основним компонентом в них є метан і його вміст зростає із стратиграфічною глибиною. Розподіл газів характеризується крайньою непостійністю по площі і залежить від тектонічної будови конкретної ділянки. У межах Тягівського родовища основними факторами, що визначають вміст метану, є наближеність до Тягівського скиду, Бутинь-Хлівчанської зони розломів та девонського Великомоствського газового родовища.

**Висновки.** Тягівське родовище має значні запаси якісного вугілля технологічних груп Г і Ж (газове і жирне). Вугілля марки Г всіх пластів придатне до коксування. Промислова вугленосність родовища пов'язана з вугільними пластами  $v_6$ ,  $n_7(n_7^H)$ ,  $n_7^1(n_7)$ ,  $n_7^B$ ,  $n_8$ ,  $n_8^B$ ,  $n_9$ ,  $b_1$  і  $b_4$ . Газоносність вугленосної товщі значна, а вміст метану в газовій суміші у метановій зоні коливається в межах 60–80 % об. і максимально становить 98,8 % об. Основними критеріями промислового значення метану, який може вилучатися засобами дегазації з надр під час видобутку вугілля, є технологічна необхідність дегазації метановугільного родовища та можливість його економічно доцільного використання [10]. Тягівське родовище необхідно розглядати як комплексне метановугільне, в межах якого вугілля і метан можуть вважатися взаємопов'язаними та взаємозалежними корисними копалинами.

#### Список використаних джерел:

1. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text> (дата звернення 27.09.2023).
2. Про газ (метан) вугільних родовищ [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-17#Text> (дата звернення 27.09.2023).
3. Бучинська І., Матрофайло М. 2021. Перспективи наращування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Гірнична геологія та геоecологія. 1 (Сер 2021), 5–23. DOI: <https://doi.org/10.59911/mgg.2786-7994.2020.1.234260>.
4. Костик І. О., Бучинська І. В., Побережський А. В. 2021. Класифікація запасів вугілля Тягівського і Любельського родовищ Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну за основними природними показниками. Геологічний журнал. 1 (374), 53–69. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.1.214013>.
5. Переоцінка ресурсів вугілля, їх класифікація і кодифікація з метою забезпечення комп'ютерного обліку і аналізу сировинної бази вугілля України (Львівсько-Волинський басейн) станом на 1.01.2001 року// Відповідальний виконавець Костик І. О. – Звіт тематичної партії Львівської ГРЕ ДП «Західукргеологія», 2001. Т. 1. 207 с
6. Явний П., Бучинська І. 2012. Оцінка метаноносності вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну. Геологія і геохімія горючих копалин. 3-4. 17–28.
7. Геологический отчет о детальной разведке каменных углей на поле шахты Тягловская № 1 Геологический отчет (1981–1986 гг.) / Е. И. Гирный, Б. И. Лелык, И. Н. Стукан и др. – Львов: Львовск. ГРЭ, 1986. – В 14-ти томах. Фонды ГГП «Запукргеология», Львов.
8. Явний П., Книш І., Бучинська І., Бик С. 2009. Прогноз газоносності вугільних пластів Тягівського родовища Львівсько-Волинського басейну. Геологія і геохімія горючих копалин. 2. 39-51.
9. Бучинська І., Явний П., Шевчук. О., Савчинський Л. 2012. Склад газів Тягівського родовища Львівсько-Волинського басейну. Матер. міжнар. наукової конференції “Геологічні та гідрогеологічні дослідження на польсько-українському пограниччі” (м. Львів-Малехів, 22-23 травня 2012 р.) 30–32
10. Про затвердження Інструкції із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічної оцінки загальних(емісійних) та видобувних запасів [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0007-09#Text> (дата звернення 27.09.2023).

# НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА РАХУНОК ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЛАСТІВ МЕТОДОМ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ НА НИЗЬКОПРОНИКНИХ КОЛЕКТОРАХ

*Головачов О.С., аспірант, o.holovachov@gmail.com;  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
ІНІ інститут геології, м. Київ, Україна*

Анотація: в статті розглянуто перспективи проведення інтенсифікації пластів методом гідравлічного розриву на низькопроникні колектори (сланцевий газ, газ щільних колекторів, метан вугільних пластів), а також алгоритм підбору кандидатів для нарощування енергетичного потенціалу вуглеводневої сировини та збільшення власного видобутку за рахунок буріння горизонтальних стовбурів та проведення багатостадійних ГРП.

## INCREASING OF NATURAL GAS POTENTIAL BY HYDRAULIC FRACTURING OF LOW-PERMEABILITY RESERVOIRS

*Holovachov O., postgraduate student, o.holovachov@gmail.com;  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Kyiv, Ukraine*

Abstract: the article considers the prospects for hydraulic fracturing of low-permeability reservoirs (shale gas, tight gas, coalbed methane), as well as an algorithm for selecting candidates for increasing the energy potential of hydrocarbon raw materials and increasing domestic production through horizontal drilling and multistage hydraulic fracturing.

Українська економіка, суспільство та навіть політика залежать від забезпечення паливно-енергетичними ресурсами. Україна виробляє лише 45-50 % газу та 10-15 % нафти, які вона споживає. Реальні запаси вуглеводнів в Україні становлять близько 600 млрд м<sup>3</sup> газу та близько 100 млн т нафти. Ці запаси недостатні для забезпечення стабільного видобутку вуглеводнів в Україні. Тому найважливішим стратегічним завданням нафтогазової промисловості України є збільшення розвіданих запасів вуглеводнів.

Нафтогазодобувні підприємства України повинні збільшувати видобуток нафти та газу, щоб задовольнити потреби економіки. Це призводить до виснаження традиційних родовищ вуглеводнів. Тому геологічна спільнота шукає додаткові джерела вуглеводневої сировини. Серед них особливу увагу заслуговують такі нетрадиційні джерела, як важкі нафти та бітуми, сланцевий газ, газ щільних колекторів, метан вугільних пластів тощо [1].

В Україні більшість газових родовищ, традиційних (звичайних) покладів (conventional reservoirs 0.1 мД<) виснажені на більше ніж 80 %, у зв'язку з необхідністю нарощування енергетичного потенціалу природного газу існує необхідність вилучення продукції з низькопроникних (щільних) колекторів (unconventional reservoirs 0.1 мД>) (рис. 1) за рахунок горизонтального буріння та інтенсифікації пластів методом гідравлічного розриву [2].



Рис. 1. Шкала порівняння колекторів за проникністю

До низькопроникних газових відкладів, які можуть бути вилучені за рахунок інтенсифікації пластів методом гідравлічного розриву можна віднести:

- Сланцевий газ;
- Газ щільних колекторів;
- Метан вугільних пластів;

▪ *сланцевий газ (natural shale gas)* – це природний газ (до 95% метану), який міститься у незначних кількостях (2-3% об'ємних), що міститься у тонкозернистих осадових породах, що одночасно є й "колекторами", і материнськими породами, які характеризуються високим вмістом органічної речовини (*TOC – total organic carbon*), низькою пористістю і дуже низькою проникністю. Вуглеводні утворились тут же, всередині товщі і не мігрували.

▪ *газ щільних колекторів (tight gas)* – газ, що міститься в ущільнених алеврито-піщаних і карбонатних породах зі зниженими ємнісними властивостями, що утворені за рахунок ущільненості та зцементованості породи. Газ щільних колекторів видобувається з порід-колекторів з такою низькою проникністю, що для видобутку свердловини з економічною продуктивністю необхідний горизонтальний стовбур та багатостадійний гідравлічний розрив.

▪ *метан вугільних пластів* – сорбований і вільний газ у вугільних пластах і вмісних породах, для вилучення якого необхідні засоби руйнування вмісних порід, стимуляції розущільнення, тріщинної проникності, інтенсивна депресія; [1]

Отримати приток газу який би був економічно доцільним та окупним, можливо лише за рахунок проведення інтенсифікації пластів методом гідравлічного розриву, для таких колекторів, необхідна довга тонка тріщина.

Гідравлічний розрив пласта (ГРП) або коротко «фрєкінг» (від англ. *fracking*) – це технологічний процес закачування рідкої суміші під тиском, достатнім для розкриття природних чи утворення штучних тріщин у продуктивному пласті із подальшим закачуванням рідини (на водній або вуглеводневій основі, кислотні розчини тощо) із розклинювачем (пропант, пісок та ін.) або без нього для створення високої пропускної здатності з метою отримання припливу пластових флюїдів у свердловину після закінчення процесу (рис. 2).

ГРП служить одним з найбільш ефективних геолого-технічних заходів, метою якого є інтенсифікація припливу пластового флюїду для видобувних свердловин. [3]

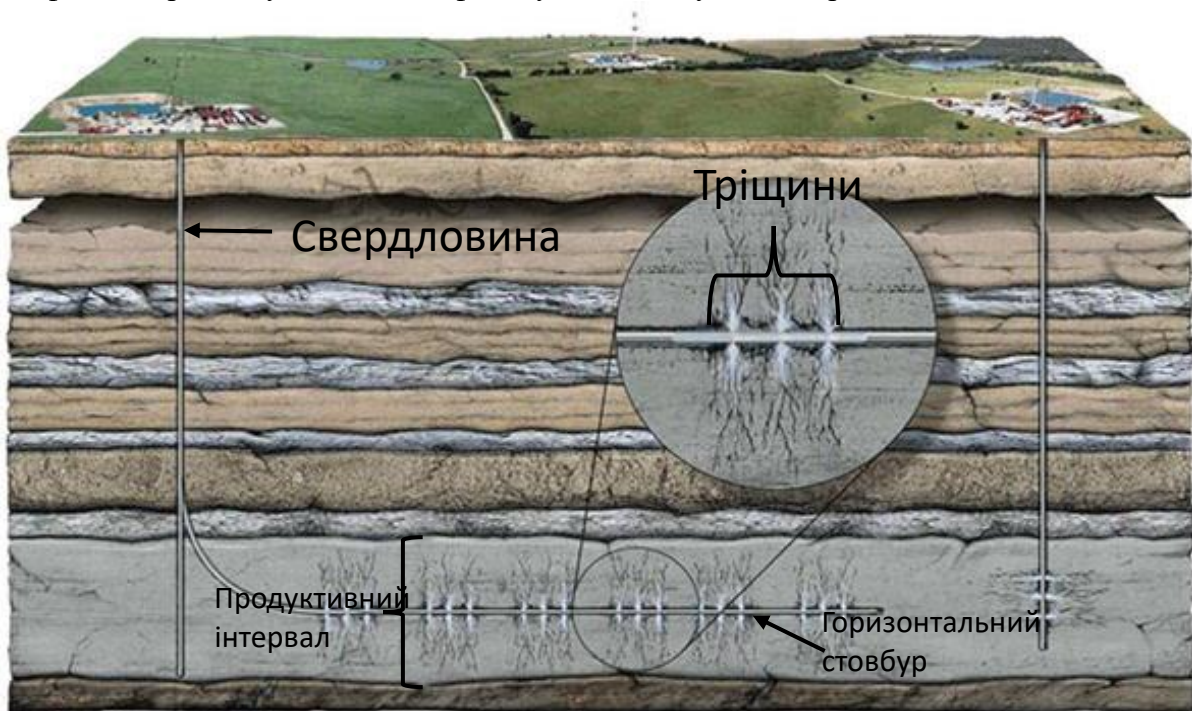


Рис. 2. Горизонтальна свердловина з багатостадійним ГРП

На мою думку, підхід до всіх низькопроникних колекторів на яких очікується приріст енергетичного потенціалу, має бути однаковим:

- необхідно виділити зони цікавості та поширення відповідних покладів, сформувати карти розповсюдження перспективи зон;

- визначити існуючі свердловини на перспективних зонах, опрацювати технічну можливість проведення нагнітального тесту, зважаючи на значну нафтогазову історію та кількість існуючих свердловин;

**Нагнітальний тест** (*DFIT – diagnostic fracture injection test*) – це тест який проводиться для порід з низькою проникністю, щоб надати інформацію про фільтраційно-ємнісні параметри пласту, а також параметри гідравлічного розриву, за рахунок використання флоту ГРП [4].

- відповідно до отриманих результатів нагнітального тесту в вертикальній свердловині, визначати перспективні інтервали за своїми фільтраційно-ємнісними характеристиками, які б в подальшому дозволили бурити горизонтальні свердловини та проводити багатостадійні операції ГРП;
- за результатами отриманих результатів, проєктувати горизонтальні стовбури з існуючих свердловин, за технічною можливістю та рахувати економічну доцільність проведених робіт, зважаючи на прогноз отриманого дебіту.

Запропонований алгоритм дозволяє отримати додаткову кількість газу для країни та значним чином збільшити енергетичний потенціал держави, і зважаючи на значні перспективи дозволити країни, забезпечувати себе власною вуглеводневою сировиною та в залежності від масштабів результатів перетворити на експортера, та значного гравця на Європейському ринку, зважаючи, що наразі з'явилася така ніша.

#### **Список використаних джерел:**

1. Михайлов В.А., Вакарчук С.Г., Вижва С.А. та ін. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ВПЦ «Київський університет», 2021. Перспективи нарощування ресурсної бази вуглеводнів України за рахунок нетрадиційних джерел;
2. Мінеральні ресурси України - Київ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014.
3. Economides, M.; Nolte, K. Reservoir Stimulation, NY and Chichester, 3rd ed., Wiley, 2000.
4. Barree, R.D., Baree, V.L., Craig, D.P., 2009. Holistic fracture diagnostics: consistent interpretation of prefrac injection tests using multiple analysis methods. SPE Prod. Oper. 24 (3), 396–406. SPE-107877-PA. <https://doi.org/10.2118/107877-PA>.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ОПЕРАТИВНИХ НАЗЕМНИХ І ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПЛОЩ СУХОДОЛУ**

*Азімов О.Т.<sup>1</sup>, д. геол. н., с. н. с., azimov@casre.kiev.ua;*

*Багрій І.Д.<sup>2</sup>, д. геол. н., професор, info@igs-nas.org.ua;*

*Дубосарський В.Р.<sup>2</sup>, к. геол. н., dvr2569@ukr.net;*

*1 – Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, м. Київ, Україна,*

*2 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

По території Ковалівсько-Сулимівської площі Дніпровсько-Донецької западини застосовано комплекс дистанційних і атмогеохімічних методів досліджень. На підставі інтерпретації лінеamentного поля, теплових, атмогеохімічних аномалій виконано прогнозування покладів вуглеводнів з виділенням сімох перспективних локальних ділянок складної у плані морфології. Складено відповідну картосхему їх планового розташування.

## **THE APPLICATION OF A COMPLEX OF OPERATIONAL GROUND AND REMOTE METHODS IN ASSESSING THE PROSPECTS OF OIL AND GAS POTENTIAL OF LAND AREAS**

*Azimov O.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Senior Sci., azimov@casre.kiev.ua;*

*Bagriy I.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), Prof., info@igs-nas.org.ua;*

*Dubosarsky V.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), dvr2569@ukr.net;*

*1 – Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

A complex of remote sensing and atmogeochemical research methods was applied to the territory of the Kovalivsko-Sulymivska area of the Dnieper-Donets Depression. Based on the interpretation of the lineament field, thermal and atmogeochemical anomalies, hydrocarbon deposits were predicted with the selection of seven promising local plots of the difficult a plan morphology. A corresponding schematic map of their planned location has been created.

**Актуальність проблеми.** Дніпровсько-Донецької западина (ДДЗ) на теперішній час є основним нафтогазопромисловим регіоном України. Регіон достатньо добре вивчений різноманітними геолого-геофізичними, науково-тематичними та дослідно-методичними роботами, що виконувалися на його теренах протягом багатьох років. У його межах відкрито велику кількість родовищ вуглеводнів (ВВ). Проте основні за запасами родовища, що перебувають в розробці, характеризуються значним виснаженням (у середньому близько 80%).

Отож, наразі актуальною є проблема подальшого нарощування вуглеводневого потенціалу держави. У межах ДДЗ вона може бути вирішена шляхом економічно обґрунтованої інтенсивнішої розробки розташованих поряд дрібних та дуже дрібних родовищ ВВ, що складають відповідний “вузол”, шляхом пошуку та розробки покладів на перспективних структурах, що просторово розміщені між відомими родовищами і приналежні до однієї зони нафтогазонакопичення, шляхом відкриття та освоєння нових покладів на великих глибинах, зокрема, поблизу або ж безпосередньо на відомих родовищах, на яких вже давно експлуатуються продуктивні горизонти, що залягають гіпсометрично вище і стратиграфічно молодше, а також шляхом освоєння нетрадиційних колекторів, що потенційно можуть містити неконвекційний газ, сланцеву нафту тощо [1, 2 та ін.].

У такому разі геологорозвідувальні роботи проводитимуться у складних геологічних умовах. Адже геологічна будова площ і ділянок з вірогідними новими родовищами характеризується складними структурно-тектонічними та літолого-стратиграфічними умовами розвитку пасток, нерідко невеликими товщинами продуктивних пластів, що мають мозаїчно латеральне, лінійно-осередкове розповсюдження. Таким чином, є складність щодо прогнозування просторового розташування таких об'єктів. Для їх чіткішого виявлення і картування необхідне напрацювання нових парадигм на підставі нових знань, застосування нових і вдосконалення реалізованих геологопошукових технологій, нових методик і методичних прийомів комплексної інтерпретації спектра різноманітних геолого-геофізичних даних, що



відображають різні атрибутивні властивості нафтогазових пасток і покладів, а отже є їх прогностичними індикаторами.

**Задачі дослідження.** Однією з інформативних, ефективних та добре зарекомендованих технологій пошуку та прогнозування покладів ВВ є технологія на основі комплексу структурно-термо-атмогеохімічних досліджень (СТАГД) [3–5 та ін.]. Отже, застосування комплексу СТАГД, а саме: приповерхневих методів картування теплових і атмогеохімічних аномалій, дешифрування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), спрямованих на прогнозування та пошуки нафтогазових покладів, прогнозування та виділення на підставі отриманих результатів локальних ділянок, перспективних для подальших розшуків вуглеводневої сировини в межах Ковалівсько-Сулимівської площі (КСП) ДДЗ є основними задачами роботи.

**Характеристика району та методів дослідження.** Ковалівсько-Сулимівська ділянка, згідно з [6], приурочена до центральної частини Дніпровського грабена западини і приналежна до західної частини Солохівсько-Диканського валу, що розділяється на дві гілки: північну й південну. Продовженням першої з них є Сулимівський структурний ніс і Ковалівське підняття.

Відповідно до [7], результатами сейсморозвідувальних робіт методом спільної глибинної точки встановлено, що по відбиваючому горизонту  $V_{b2}^2$  у верхньовізейському під'ярусі нижнього карбону ( $C_{1v2}$ ) ділянка складається з трьох структурних елементів: Сулимівського і Вертельського структурних носіїв та локального Ковалівського підняття. У межах власне площі досліджень розташовані Сулимівський структурний ніс і Ковалівське підняття. Сулимівський структурний ніс витягнутий у північно-західному напрямку, його максимальні розміри становлять  $6,0 \times 3,5$  км, амплітуда – 350 м [7]. Ковалівська структура являє собою брахіантикліналь з розмірами по контуру ізогіпси -5350 м горизонту  $V_{b2}^2$   $2,3 \times 1,8$  км та амплітудою 20 м; її перспективна площа складає 4 км<sup>2</sup>.

За схемою нафтогазогеологічного районування ДДЗ [8], площа розташована в межах Глинсько-Солохівського газонафтоносного району. На перспективність площі вказують дані буріння на сусідніх Західно-Солохівському та Семиренківському газоконденсатних родовищах, де промислові поклади газу та конденсату встановлені у відкладах  $C_{1v2}$  (горизонти В-16, В-17, В-18, В-19). Наявність флюїдоупорів, що забезпечують умови покриття для формування покладів ВВ (нижньосерпуховські глинисто-алевролітові товщі та верхньовізейські глинисті пачки), вказує на високі перспективи КСП щодо її нафтогазоносності.

У застосований комплекс досліджень входили такі види робіт:

- оцінка загальної ландшафтної структури площі за середньомасштабними космічними знімками;

- морфоструктурний аналіз та структурне дешифрування даних ДЗЗ і топографічних матеріалів для виявлення розривних порушень, активних на сучасному етапі тектогенезу, вивчення їх морфоструктурних та геоіндикаційних ознак та особливостей їх відображення на дистанційних знімках;

- виконання польових еманацийних (радон –  $Rn$ , торон –  $Tn$ ), атмогеохімічних (водень –  $H_2$ , гелій –  $He$ , вуглекислий газ –  $CO_2$ , вільні вуглеводні) і термометричних досліджень для визначення ступеня сучасної геодинамічної активності та флюїдогеопроникності відомих та прогнозованих диз'юнктивних порушень: визначення температури підґрунтового шару осадових відкладів на глибині до 1 м, відбір проб та вимірювання концентрацій  $Rn$  і  $Tn$  у підґрунтовому повітрі на глибині до 1 м, відбір проб та визначення вмісту  $He$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ , вільних вуглеводнів у підґрунтовому повітрі на глибині до 1 м;

- лабораторний газово-хроматографічний аналіз проб газів, відібраних з підґрунтового шару;

- оброблення й інтерпретація результатів експедиційних досліджень з використанням сучасної комп'ютерної техніки та оригінальних обчислювальних програм;

- прогнозування нафтогазоносності в межах площі досліджень на основі виявлення сучасних геодинамічно активних зон розривних порушень підвищеної проникності;

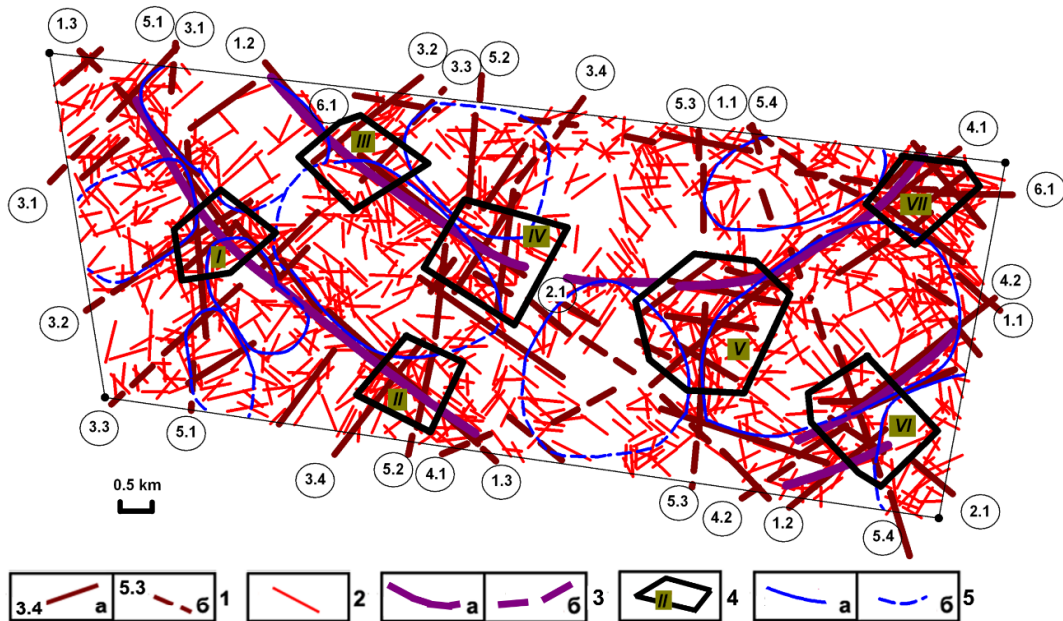
- побудова карт розподілу кожного з показників, що отримані у процесі обробки даних польових досліджень, та інтегральної карти районування площі досліджень за критерієм



нафтогазоносності надр з урахуванням результатів основних дослідницьких та аналітичних робіт, які проводились на родовищах регіону в останні роки, з винесенням відповідних локальних ділянок, перспективних для подальшого пошуку в їхніх межах покладів ВВ;

– розробка рекомендацій.

**Основний зміст дослідження.** За результатами *структурного дешифрування даних ДЗЗ* та топографічних матеріалів складено зведені електронні картосхеми елементарних лінеаментів і дуготипів (кільцевих структур) території КСП ДДЗ. *Лінійні об'єкти* згруповано в лінеаменти та їх зони. Вони утворюють закономірно розташовані системи певних напрямків, переважна більшість з яких є діагональними. Лінеаментні зони інтерпретуються як активізовані на сучасному етапі тектогенезу структури земної кори диз'юнктивного походження. Їх каркас (рис. 1) являв базис для подальшого комплексного аналізу отриманого у процесі досліджень масиву різнорідних даних. Виділено дві основні групи лінеаментів.



**Рис. 1. Картосхема просторового зіставлення лінеаментного поля, вузлів перетину лінеаментних зон різного простягання та морфоаномалій:** 1 – осьові лінії лінеаментних зон та їхні номери, що виділені на генералізованих космічних знімках і середньомасштабних топокартах й інтерпретуються як розривні порушення докембрійського фундаменту та осадової товщі: а) впевнено простежені, б) невпевнено простежені; 2 – елементарні лінеаменти, що виявлені на даних ДЗЗ середнього просторового розрізнення та топографічних матеріалах масштабу 1:100 000; 3 – дуготипи, що є фрагментами мезоморфоструктури, що відображає особливості будови поверхні кристалічного фундаменту та осадового чохла: а) чітко виявлені; б) нечітко виявлені; 4 – вузли перетину лінеаментних зон різного простягання і дуготипів та їхні номери (латинські цифри на зеленому фоні); 5 – контури морфоаномалій (мініморфоструктур), що відображають у ландшафті розвинуті в осадовому чохлі підняття: а) впевнено виділені, б) невпевнено виділені

*Дуготипи* в межах КСП являють собою фрагменти об'єктів двох порядків: морфоструктури вищого рангу (мезоморфоструктури), або ж вони формують контури локальних кільцевих утворень (мініморфоструктур).

Звертає на себе увагу наявність на території КСП семи *вузлів перетину лінеаментних зон різного спрямування та дуготипів*, пронумерованих римськими цифрами від I до VII (див. рис. 1). Сприятливими для пошуків потенційних пасток ВВ райони вузлів різноспрямованих лінеаментів і фрагментів кільцевих об'єктів можна вважати на підставі того, що вони є ділянками з інтенсивним розвитком геофлюїдодинамічних процесів у земній корі (зокрема, на новітньому етапі тектогенезу зважаючи на їхню геоіндикаційну вираженість). Адже для них притаманне накладене поле знакозмінних механічних (сейсмоакустичних) напружень тривалого в часі впливу, що призводить до виникнення та дії ефекту багатократного зростання проникності

гірських утворень, який сприяє прискореному переносу води і розчинених у ній ВВ через пористі породи [9]. Встановлено також [9], що зони розущільнення порід, що характеризуються підвищеною тріщинуватістю і проникністю, відповідають зонам аномально низьких напруг.

Так установлено [10], що вузли перетину виявлених у межах Українського щита шести систем розломів [11] контролюють у ДДЗ понад 75% усіх відомих родовищ ВВ.

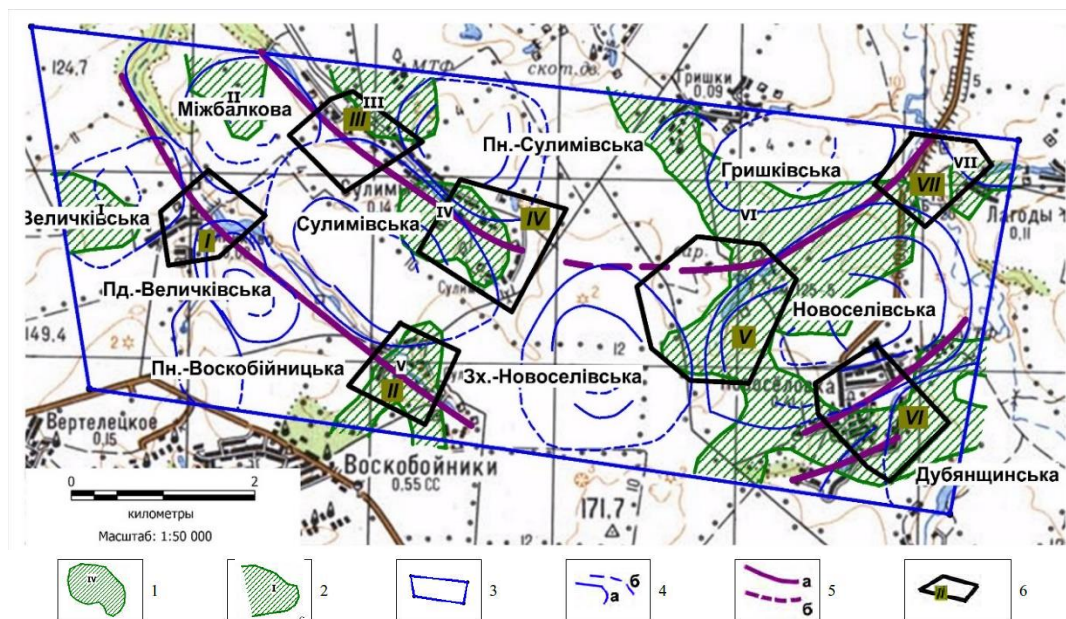
Впливом тектонодинамічних факторів також часто може зумовлюватися утворення власне колекторських ємностей у гірських породах, включаючи вторинні як показано в роботі [12]. При цьому їх просторовий прояв повинен носити лінійно-осередковий, спорадичний характер. Таким чином, локальні об'єкти акумуляції вуглеводневої сировини слід шукати поблизу вузлів перетину різноорієнтованих зон лінеamentів та елементів кільцевих структур, що й рекомендується. У такому разі райони цих вузлів можна прогнозувати як своєрідні *sweet spots* для пошуків покладів нафти та газу.

**За результатами структурно-термо-атмогеохімічних досліджень** побудовано відповідні карти і встановлено таке. А саме: 1). За температурним показником КСП поділяється на дві частини; 2) За еманаційними показниками і  $\text{CO}_2$  площа досліджень загалом теж поділяється на дві частини: західну, з підвищеними значеннями показника, і східну – з переважно фоновими значеннями; 3) Розподіл метану ( $\text{CH}_4$ ) не має високонтрастних значень, однак за його розподілом, як і за еманаційними показниками, КСП поділяється на дві частини; при цьому підвищені значення  $\text{CH}_4$  фіксуються в межах структурно пологішої частини, де розташована Ковалівська структура, тим самим відділяючись від гіпсометрично піднесенішого Сулимівського валу і Солохівсько-Диканського валу; 4) Розподіл легких гомологів  $\text{CH}_4$  неоднорідний: за етаном ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), і етиленом ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) площа робіт поділяється на дві частини – західну (з загалом фоновими значеннями показників) і східну (з підвищеними і аномальними); пропілен ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) має дещо інший розподіл: на відміну гомологів  $\text{C}_2\text{H}_6$  і  $\text{C}_2\text{H}_4$  він не має такої чіткої диференціації по площі; 5) Розподіл важких вуглеводнів: ізобутан ( $\text{iC}_4\text{H}_{10}$ ), бутан ( $\text{nC}_4\text{H}_{10}$ ), ізопентан ( $\text{iC}_5\text{H}_{12}$ ), пентан ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ), гексан ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) є подібним до легких тим, що загалом вони зустрічаються в західній частині КСП і відсутні у східній; у той же час тільки  $\text{iC}_5\text{H}_{12}$  і  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  за розподілом схожі між собою, а розподіл інших важких ВВ між собою відрізняється:  $\text{iC}_4\text{H}_{10}$  простежується вздовж північного схилу Солохівсько-Диканського валу, а у східній частині площі досліджень напрямом його виявлення змінюється на південно-східний і тим самим перетинає Солохівсько-Диканський вал;  $\text{nC}_4\text{H}_{10}$ , на відміну від  $\text{iC}_4\text{H}_{10}$ , має менше розповсюдження на захід уздовж північного схилу Солохівсько-Диканського валу, але у східній частині КСП фіксується його аномалія майже субмеридіального простягання, яка перетинає цей вал з півночі на південь;  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  у вигляді трьох смуг фіксується у східній частині площі, поперечно перетинаючи вказаний вал, при цьому найконтрастніші його значення розташовані у західній з трьох аномалій; таким чином, подібний розподіл гомологів  $\text{CH}_4$  свідчить про існування різних джерел надходження газів із різним складом і наявністю різних шляхів виходу їх на земну поверхню; 6) Враховуючи концентрацію  $\text{CH}_4$  у підґрунтовому повітрі, виділення інших газів на його фоні майже непомітне.

Як і в попередніх роботах [3–5 та ін.], за результатами розподілу атмогеохімічних показників також побудовано карту розподілу вмісту суми гомологів метану ( $\text{Свв}$ ), що дозволяє визначити слабко проникні місця для вуглеводневих газів гомологів метану. Згідно з картою по  $\text{Свв}$ , подібно до легких вуглеводневих газів, КСП поділяється на дві частини: західну з фоновими значеннями показника  $\text{Свв}$ , та східну – з підвищеними й аномальними. У східній частині виділяються дві лінійні аномалії, які починаються на зануреній північній частині Солохівсько-Диканського валу. При цьому перша аномалія продовжується у південно-східному напрямку, а друга – у південно-західному, перетинаючись на піднятті, що розташоване східніше від Сулимівського носа. У межах Ковалівської структури фіксуються фонові значення показника  $\text{Свв}$ , а в межах Сулимівського носа та найпіднесенішої частини Солохівсько-Диканського валу – підвищені його значення.

На основі поглибленої, тематично орієнтованої інтерпретації всього комплексу карт структурних, тектонічних, результатів дешифрування даних ДЗЗ, розподілу газогеохімічних,

термометричних, еманаційних показників, використовуючи оригінальні обчислювальні програми [3], проведено районування території досліджень щодо перспектив на пошуки в її межах нафтогазових пасток, що потенційно можуть містити вуглеводневу сировину, складено картосхему розташування перспективних локальних ділянок (рис. 2).



**Рис. 2. Картосхема прогнозних перспективних локальних ділянок для видобутку ВВ за даними СТАГД, оброблення матеріалів ДЗЗ:** 1, 2 – контури ділянок та їх номери (латинські цифри на білому фоні): 1 – що не потребують уточнення, 2 – що потребують уточнення; 3 – контур Ковалівсько-Сулимівської площі, у межах якої виконувалися дослідження; 4 – дуготиби, що є елементами морфоаномалій (див. рис. 1), назви яких зазначені: а) впевнено виділені, б) невпевнено виділені; 5, 6 – див. рис. 1. Фрагмент топографічної основи масштабу 1:100 000 використано як підкладку

Основними умовами виділення перспективних зон вважались наявність фонових полів вуглеводневих показників, оточених підвищеними й аномальними значеннями по периферії (так званий «хало-ефект»), особливості їх просторового розподілу, наявність підвищених показників термометричних даних. Геодинамічні показники ( $R_n$ ,  $T_n$ ,  $CO_2$ ) враховувалися залежно від наявності поблизу з ними вуглеводневих аномалій (зони стиснення або розтягання), або ж площовим їх збіганням. Як результат у межах площі досліджень визначено сім локальних ділянок складної форми по периметру, що є перспективними для подальшого пошуку покладів ВВ.

**Висновки з дослідження й перспективи подальших розвідок.** Отже, на основі комплексного аналізу матеріалів сейсморозвідувальних робіт, результатів дешифрування даних ДЗЗ, досліджень розподілів газогеохімічних, термометричних, еманаційних показників та їх співвідношень, використовуючи оригінальні обчислювальні програми, у межах Ковалівсько-Сулимівської площі ДЗЗ уперше:

- виконано комплекс площових СТАГД з метою вивчення особливостей розподілу атмогеохімічних показників підґрунтового повітря;
- виділено зони підвищеної газодинамічної активності (тріщинуватості, розуцільнення гірських порід);
- встановлено просторовий збіг дешифрованих за даними ДЗЗ геодинамічних вузлів, що вважаються сприятливими для пошуків потенційних пасток і покладів ВВ, з прогнозними за результатами СТАГД перспективними локальними ділянками для видобутку нафти та газу;
- проведено районування площі досліджень щодо перспектив на пошуки в її межах покладів ВВ, складено картосхему розташування перспективних локальних ділянок для постановки і продовження пошуковорозвідувального буріння з метою виявлення нафтогазових покладів; виділено сім перспективних локальних ділянок.

Перспективні ділянки I, II, III, V, VI, VII можливо мають продовження за межі Ковалівсько-Сулимівської площі, а тому потребують уточнення поза її контуром.

Врахування отриманих результатів у подальшому дозволить створити уточнену модель розломно-блокової будови Ковалівсько-Сулимівської та прилеглих до неї площ ДДЗ, а комплексна інтерпретація з даними інших, виконаних у майбутньому геолого-геофізичних досліджень дасть змогу оцінити відносну флюїдогеопроникність відомих і прогнозних структур диз'юнктивного генезису, малоамплітудних зон підвищеної тріщинуватості, зон напружено-деформаційного і нестабільного геодинамічного стану порід земної кори, дати адекватніший прогноз нафтогазоносності надр тощо.

#### Список використаних джерел:

1. Гунда М.В., Єгер Д.О., Зарубін Ю.О., Гладун В.В., Касянчук С.В., Чепіль П.М., Гоцинець О.С., Паюк С.О. Перспективи освоєння дрібних та дуже дрібних родовищ газу в Україні. Нафтогазова галузь України. 2015. № 1. С. 37–42.
2. Мачужак М.І., Лизанець А.В. Перспективи відкриття значних за запасами родовищ газу на великих глибинах у Дніпровсько-Донецькій западині. Нафтогазова галузь України. 2013. № 3. С. 20–23.
3. Багрій І.Д., Карпенко О.М., Семенюк В.Г., Гафіч І.П., Дубосарський В.Р., Маслун Н.В., Аксьом С.Д., Науменко У.З., Наседкін Є.І., Грига М.Ю., Мамишев І.Є., Малишев О.М., Глонь В.А., Гордєєва Ю.К., Стародубець К.М., Куліш А.П., Карпенко І.О., Подоба В.О. Геолого-структурно-термо-атмогеохімічні технології прогнозування, пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів: Навч. посіб. Київ: ІГН НАН України, 2016. 309 с. ISBN 978-966-02-8042-7
4. Азімов О.Т., Дубосарський В.Р., Багрій І.Д. Дослідження нафтогазоносності теригенних відкладів центральної частини ДДЗ комплексом атмогеохімічних і дистанційних методів. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: Матеріали Сьомої Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 2021 р.). Київ: ДКЗ України, 2021. Т. 1. С. 256–261. [https://conf.dkz.gov.ua/files/2021\\_materials\\_vol\\_1\\_net.pdf](https://conf.dkz.gov.ua/files/2021_materials_vol_1_net.pdf)
5. Азімов О., Багрій І., Дубосарський В. Прогнозування покладів вуглеводнів з використанням комплексу атмогеохімічних і дистанційних методів. Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. 2022. Вип. 3 (98). С. 104–109. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.98.13>. ISSN 1728-2713
6. Атлас геологического строения и нефтегазоносности Днепровско-Донецкой впадины; ред. коллегия: Арсирій Ю.А., Витенко В.А., Палий А.М., Цыпко А.К. Киев: Мин-во геологии СССР, УкрНИГРИ, 1984. 190 с.
7. Спеціальний дозвіл на користування надрами № 4196 від 27 липня 2012 р. Ковалівсько-Сулимівська площа. 13 с.
8. Атлас родовищ нефти і газу України: [в 6 т.]. Львів: Вид-во «Центр Європи», 1998–1999. Т. II. Східний нафтогазоносний регіон; за заг. ред. Іванюти М.М., Федішина В.О., Денегі Б.І., Арсірія Ю.О., Лазарука Я.Г. 1999. С. 500–924. ISBN 966-7022-04-8
9. Иванов В.В., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. и др. О возможной роли динамики напряженного состояния земной коры в формировании и размещении залежей нефти и газа. Доклады АН СССР. 1978. **239**, № 4. С. 930–933.
10. Солдатенко В.П., Довбнич М.М., Мендрий Я.В. Результаты применения новой методики оценки перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов в условиях Днепровско-Донецкой впадины. Доповіді НАН України. 2006. № 12. С. 106–110.
11. Тяпкин К.Ф. Проблемы изучения разломно-блоковой тектоники докембрия с позиций новой ротационной гипотезы формирования структур в земной коре. Геологический журнал. 1977. **37**, вып. 6. С. 3–17.
12. Вершовский В.Г., Гридин В.А., Голованов М.П. Тектонодинамические критерии формирования природных резервуаров УВ. Обз. инфор. Сер.: геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2001. 47 с.

## **ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ВЕРХНЬОЮРСЬКИХ КАРБОНАТНИХ ВІДКЛАДІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ**

**Колодій І.В.**, к. геол. н., *ivannakolodiy@gmail.com*;

**Анікеєва О.В.**, к. геол. н., *geolena@ukr.net*,

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*

Проаналізовано структурно-тектонічні, літофаціальні, геотермічні та гідрогеологічні особливості карбонатних відкладів верхньої юри північно-західної частини Передкарпатського прогину. Найперспективнішими для пошуку вуглеводнів є рифові і зарифові відклади кімеридж-титону. Як потенційно перспективні можуть розглядатись зарифові біогерми буківненської світи. Гідрогеологічні особливості району досліджень свідчать, що вуглеводневі поклади тяжіють до ділянок з підвищеною мінералізацією та ознаками інтенсивних постседиментогенних процесів. Смуга поширення рифогенних споруд та пов'язаних з ними покладів вуглеводнів характеризується гідробаричним зрівноваженням, що визначає тут флюїдодинамічні умови формування родовищ та сприятливий гідродинамічний захист. Площі розвантаження пластових вод і вуглеводневих флюїдів пов'язані з локальними п'єзомінімумами та термомаксимумами.

## **PROSPECTS OF OIL-AND-GAS-BEARINGNESS OF THE UPPER JURASSIC CARBONATE SEDIMENTS IN THE NORTHWESTERN PART OF CARPATIAN FOREDEEP**

**Kolodiy I.**, Cand. Sci. (Geol.), *ivannakolodiy@gmail.com*,

**Anikeyeva O.**, Cand. Sci. (Geol.), *geolena@ukr.net*,

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

The structural-tectonic, lithofacial, geothermic and hydrogeological features of the Upper Jurassic carbonate sediments of the Northwestern part of Carpathian Foredeep have been analyzed. The reef and back-reef facies of the Kimmeridgian–Tithonian are the most perspective for hydrocarbon fields. Back-reef bioherms of Bukivna suite can be considered as perspective also. The hydrogeological features of the research area indicate that hydrocarbon deposits are confined to areas of increased mineralization and sign of intensive post-sedimentogenic processes. Zone of reef structures and associated hydrocarbon fields is characterized by hydrobaric equilibrium, which determines here the fluid-dynamic conditions of fields formation and favorable hydrodynamic protection. Areas of formational waters and hydrocarbon fluids discharge are associated with local piezominima and thermomaxima.

**Вступ.** У Карпатському регіоні України одним з горизонтів, з яким пов'язані поклади вуглеводнів, є поширені на території Передкарпатського прогину відклади верхньої юри. На території Українського Передкарпаття вони складають єдиний карбонатний комплекс рифових та генетично пов'язаних з ними порід. Ця формація представлена латеральними рядами рифогенних фацій – передрифові, рифові та зарифові утворення оксфорду, кімериджу та титону-беріасу. У нижньому кімериджі також присутні лагунно-евапоритові утворення. У верхньому титоні – нижньому беріасі в зарифовій зоні простежено низку окремих біогермів. Зміщення фаціальних поясів зумовлені евстатичними коливаннями та тектонічними процесами. Покрівля відкладів еродована, з проявами карсту, і переважно перекрита ангідритами міоцену, що є сприятливим для створення пасток вуглеводнів.

Основними факторами формування родовищ вуглеводнів у рифогенних відкладах є особливості карбонатного осадконагромадження, а також їх подальша геологічна історія під впливом геодинамічних процесів. Карбонатне осадконагромадження характеризується типовим розподілом фацій і чіткою залежністю речовинного та органічного складу, структурних та текстурних особливостей порід від фаціальної належності. Встановлення умов седиментації та діагенезу, літофаціального складу, структури цих утворень, геотемпературних, гідрогеобаричних, та гідрогеохімічних умов є надійною основою ефективності геологорозвідувальних робіт.

**Мета.** Уточнення перспектив нафтогазоносності карбонатних відкладів верхньої юри за комплексом структурно-тектонічних, літофаціальних, геотермічних та гідрогеологічних особливостей. Використані результати власної інтерпретації гідрогеобаричних та гідрогеохімічних даних [9; 10] та аналіз результатів літофаціальних, палеогеографічних [2; 3; 6], сейсмічних [4] та геотермічних [5; 13] досліджень.



**Результати.** Родовища вуглеводнів у Карпатському регіоні розташовані смугами вздовж зон регіональних розломів, доповнених субортогонально орієнтованими до них ерозійними палеодолинами [4]. За останні роки за даними сейсморозвідки по покрівлі юрських відкладів закартовано багато пологих антиклінальних структур. Дані буріння і сейсморозвідки показують, що визначальним фактором у формуванні тектонічно або літологічно екранованих пасток вуглеводнів, є повздовжні екрани у вигляді грабенів, виповнених міоценовими відкладами. У відкладах юри наявні пастки у вигляді біогермних тіл, які прогножуються в зонах повздовжніх розломів [11; 12].

Нафтові поклади на Коханівській, Вижомлянській, Вишнянській, Орховицькій, площах і газові поклади на Рудківському родовищі та площах Подільці–Грушів, Летнянська приурочені до ерозійних виступів верхньої юри, перекритих гіпс-ангідритовими відкладами неогену з високими екрануючими властивостями. На Коханівській площі нафтовий поклад пов'язаний з тріщинуватими вапняками опарської світи. Газові поклади у вапняках кімериджу–титону розкриті бурінням на Рудківському родовищі [11]. У цьому ж стратиграфічному інтервалі прояви нафти відмічали під час буріння на площах Вишнянська, Нікловичі і Вижомля [2].

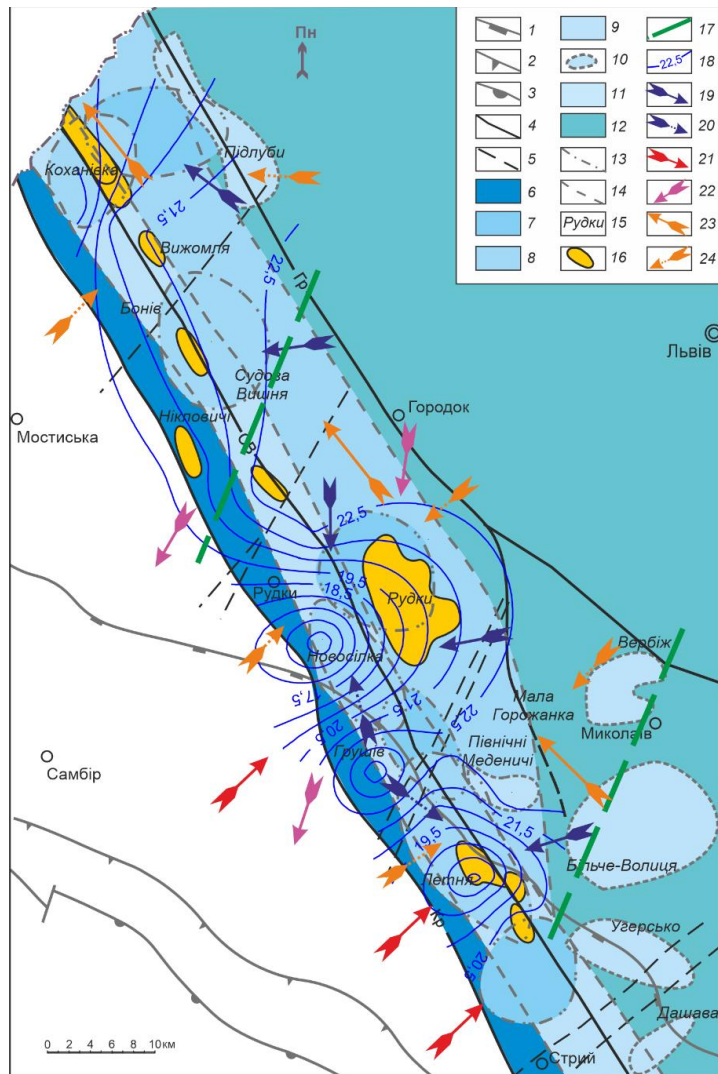
Геологічна історія району свідчить про сприятливі умови для збереження вуглеводневих скупчень у верхньоюрському комплексі порід, оскільки в цей період впродовж тривалого геологічного часу переважали процеси занурення і осадова товща не піддавалась значним промиванням. Верхньоюрський водоносний комплекс північно-західної частини Зовнішньої зони сформований седиментогенними таласогенними водами пізньоюрського морського басейну, в якому відбувалась переважно карбонатна седиментація. Загальний гідрогеохімічний фон формують хлоридні кальцієво-натрієві та хлоридні натрієві зрідка хлоридні магнієво-натрієві високомінералізовані води і солянки різного ступеню метаморфізму. Гідрогеологічні особливості району досліджень свідчать, що вуглеводневі поклади тяжіють до ділянок з підвищеною мінералізацією та ознаками інтенсивних постседиментогенних процесів, які відображаються пониженими значеннями  $rNa/rCl$ ,  $rSO_4 \cdot 100/Cl$ , значеннями  $Cl/Br \leq 300$ . Для збереження вод хлоркальцієвого типу необхідні відновні умови, які обумовлюються гідрогеологічною закритістю надр. Еродована поверхня верхньоюрських порід і ділянки часткової ерозії та поширення лагуно-континентальних відкладів характеризуються наявністю вод меншої відносно фону мінералізації хлоридного кальцієвого, рідше гідрокарбонатного кальцієво-натрієвого типу збагачених сульфатами. Їх утворення яких ми пов'язуємо з інфільтраційними процесами, а також із взаємодією підземних вод з вуглеводневими покладами (Летнянське, Рудківське родовища) [8].

Значення градієнта мінералізації понижується з північного-заходу на південь в напрямку насувних структур Карпат свідчить про покращення гідрогеологічної закритості в цьому напрямку.

Згідно гідродинамічних досліджень, регіональні гідробаричні вектори верхньоюрського водоносного комплексу спрямовані як зі сторони Західно- та Східноєвропейської платформ у напрямку Внутрішньої зони Передкарпатського прогину (енергія інфільтраційної системи), так і зі сторони піднасуву Внутрішньої зони у в напрямку платформ (енергія елізійної системи). Рифогенні споруди знаходяться у смузі гідробаричного зрівноваження інфільтраційної та елізійної водонапірних систем, що заклало сприятливі флюїдодинамічні передумови локалізації тут вуглеводневих покладів та достатню гідродинамічну захищеність.

В межах території досліджень доволі чітко проявляються локальні гідробаричні вектори, що обумовлені зростанням пластових тисків у напрямку тектонічних порушень. Площі розвантаження пластових вод і вуглеводневих флюїдів характеризуються локальними п'єзомінімумами. Встановлено пов'язаність окремих рифогенних споруд з ділянками п'єзомінімумів [9] (рис.1).





**Рис. 1. Схематична літофаціальна карта відкладів верхньої юри північно-західної частини Передкарпатського прогину у співставленні з гідрогеологічними та геотермічними даними:**

1–3 – насувні структури Карпат, 4 – регіональні розломи (Кр – Краковецький, СВ – Судововишнянський, Гр – Городоцький), 5 – поперечні розломи, 6–12 – фаціальні зони (6 – передрифова фація; 7 – біогерми оксфорду; 8 – біогерми кімериджу; 9 – бар’єрний риф титону-беріасу; 10 – зарифові біогерми титону; 11 – зарифові фації; 12 – лагунна фація кімериджу); 13, 14 – границі фаціальних зон, 15 – площі буріння; 16 – поклади вуглеводнів у відкладах верхньої юри (за [1]); 17 – ерозійні палеодолини (за [4]); 18 – ізобари, МПа (за [9]); 19 – регіональні гідробаричні вектори; 20 – локальні гідробаричні вектори; 21 – вектори елізійної водонапірної системи; 22 – напрямки зниження градієнту мінералізації (за [10]); 23–24 – напрямки збільшення густини теплового потоку (23 – регіональні, 24 – локальні)(за [13])

За даними геотермічних досліджень [13], північно-західна частина Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину вздовж Краковецького глибинного розлому характеризується підвищеними тепловими потоками ( $50-70 \text{ мВт/м}^2$ ). З південного сходу аномалії обмежені поперечним Стрийським розломом. Карта густини теплового потоку [13] добре узгоджується з геотемпературною картою. Максимальні для зріза -2000 м температури приурочені до смуги продуктивних структур [5; 14]. Ділянки підвищених температур мають тиски близькі до гідростатичних, більш низькі температури властиві зонам надгідростатичних пластових тисків [7].

**Висновки.** Найперспективнішими для пошуку вуглеводнів є рифові та зарифові відклади кімеридж-титону. Потенційно перспективними – також можна розглядати біогерми буковинської світи завдяки їхнім хорошим колекторським властивостям. Локальними покришками тут можуть слугувати глиниста пачка у підшві ставчанської світи (нижня крейда) та наявність внутрішніх літологічних неоднорідностей.

Гідрогеологічні особливості району досліджень свідчать, що вуглеводневі поклади тяжіють до ділянок з підвищеною мінералізацією та ознаками інтенсивних постседиментогенних процесів, які відображаються пониженими значеннями  $r_{Na/rCl}$ ,  $r_{SO_4 \cdot 100/Cl}$ , значеннями  $Cl/Br \leq 300$

Смуга поширення рифогенних споруд та пов'язаних з ними покладів вуглеводнів характеризується гідробаричним зрівноваженням, що визначає тут флюїдодинамічні умови формування родовищ та сприятливий гідродинамічний захист щодо механічного руйнування. Площі розвантаження пластових вод і вуглеводневих флюїдів пов'язані з локальними п'єзомінімумами та термомаксимумами.

#### **Список використаних джерел:**

1. Атлас родовищ нафти і газу України. Т. IV. Західний нафтогазоносний регіон. Львів: УНГА, 1998. 328 с.
2. Дулуб В.Г., Жабіна Н.М., Огороднік М.Є., Смірнов С.Є. Пояснювальна записка до стратиграфічної схеми юрських відкладів Передкарпаття (Стрийський юрський басейн). Львів: ЛВ УкрДГРІ. 2003. 32 с.
3. Жабіна Н.М., Анікеєва О.В. Палеогеографія та умови седиментації території Українського Передкарпаття в оксфорд–валанжині. Геологічний журнал. 2015. №4 (353). С. 49-56. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2015.4.139466>
4. Заяць Х. Лінійні смуги розташування нафтогазоперспективних об'єктів у Більче-Волицькій зоні Передкарпаття. Вісник Львівського університету. Серія геологічна. 2015. Вип. 29. С. 12–17.
5. Карпатська нафтогазоносна провінція: Колодій В.В. (ред). Львів–Київ: ТОВ “Український видавничий центр”. 2004. 390 с.
6. Карпенчук Ю.Р., Жабіна Н.М., Анікеєва О.В. Особливості будови і перспективи нафтогазоносності верхньоюрських рифогенних комплексів Більче-Волицької (Зовнішньої) зони Передкарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин. 2006. №2. С. 44-52.
7. Колодій В.В. Подземные воды нефтегазоносных провинций и их роль в миграции и аккумуляции нефти. К.: Наук. думка, 1983. 46 с.
8. Колодій В.В., Медвідь Г.Б. Гідрогеохімічні особливості Летнянського газоконденсатного родовища (Українське Передкарпаття). Геологія і геохімія горючих копалин. 2008. №3 (144). С. 88-97.
9. Колодій І.В., Анікеєва О.В. Гідрогеобаричні та літофаціальні умови верхньоюрських відкладів в аспекті нафтогазоносності (Північно-західна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину). 36. праць Всеукр. конф. «Від мінералогії і геогнозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди ХХІ століття» (MinGeoIntegration ХХІ), 23-25 вер. 2020 р. Київ, Україна. С. 248-252.
10. Колодій І.В., Анікеєва О.В. Гідрогеохімічні аспекти газонафтоносності верхньоюрського комплексу Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. 36. праць Всеукр. конф. «Від мінералогії і геогнозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди ХХІ століття» (MinGeoIntegration ХХІ), 28-30 вересня 2022 р., Київ, Україна. С. 179–183.
11. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. К.: УкрДГРІ, 2001. 144 с.
12. Крупський Ю.З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіону України. Львів: СПОЛОМ, 2020. 252 с.
13. Кутас Р.І. Глибинна дегазація і нафтогазоносність Східних (Українських) Карпат: геодинамічний і геотермічний аспекти. Геофизический журнал. 2021. № 6. Т. 43. С. 25–41. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251551>
14. Lyubchak O.V., Kolodiy I.V., Khokha Y.V. Thermobaric conditions of oil and gas contents and predicting of hydrocarbon phase state (on the example of the Bilche-Volytsa oil-and gas-bearing area) // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія "Геологія. Географія. Екологія". 2017. Вип. 46. С. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-46-02>

## ПАЛЕОБАТИМЕТРІЯ КРЕЙДОВО-МІОЦЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ЗА ФОРАМІНІФЕРАМИ

*Гнилко С.Р.1, к. геол. н., s.hnylko@yahoo.com,*

*Кулянда М.Й.1, mariakulyanda@icloud.com,*

*Наварівська К.О.1,2, navarivska@gmail.com,*

*Марченко Р.П.1, roma74rex@gmail.com,*

*Віслоцька О.І.1, yaolgavv@ukr.net,*

*1 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна,*

*2 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна*

Для відкладів крейди-міоцену Карпат на підставі відсоткового співвідношення планктонних і бентосних форамініфер виділено три біофації форамініфер, які вказують на глибини палеобасейнів: аглютинованих форамініфер (1); планктон-домінантну (2); мішану планктонно-бентосну (3).

## PALEOBATHYMETRY OF THE CRETACEOUS-MIOCENE DEPOSITS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS BASED ON FORAMINIFERA

*Hnylko S.I, Cand. Sci.(Geol.), s.hnylko@yahoo.com,*

*Kulyanda M.I, mariakulyanda@icloud.com,*

*Navarivska K.I,2, e-mail: navarivska@gmail.com,*

*Marchenko R.I, roma74rex@gmail.com,*

*Vislotcka O.I, yaolgavv@ukr.net,*

*1 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine,*

*2 – Lviv National Ivan Franko University, Faculty of Geology, Lviv, Ukraine*

In the Cretaceous-Miocene sediments of the Carpathians, based on the percentage ratio of planktonic and benthic foraminifera, three biofacies of foraminifera were distinguished, which indicate the depths of paleobasins: agglutinated foraminifera (1); plankton-dominant (2); mixed planktonic-benthic (3).

Потенційно нафтогазогенеруючі відклади, зокрема чорні сланці (збагачені органікою аргіліти), широко розвинені в нижній крейді (спаська, шипотська світи) та в олігоцені (менілітова світа) Зовнішніх Українських Карпат (Крупський і ін., 2014), локально присутні у верхній крейді-еоцені Зовнішніх Карпат, а чорні мергелі відомі в альбі Пенінської зони та в олігоцені Мармароської зони скель. Важливою складовою дослідження нафтогазоносних і потенційно нафтогазогенеруючих товщ Карпатського регіону є відтворення палеосередовища басейнів седиментації на підґрунті літофацій і біоти, зокрема дрібних форамініфер, які є найбільш поширеною фауною у фліші і морських моласах Карпат.

Палеоекологічну інтерпретацію форамініфер відкладів Українських Карпат проводили О.С. Вялов, О.В. Мятлюк, Л.С. Пішванова, І.В. Венглінський, М.М. Іванік, Н.В. Маслун та інші дослідники. Протягом останнього десятиліття, форамініфери у розрізах структурно-фаціальних одиниць Українських Карпат вивчали автори представленої роботи, метою якої є узагальнення даних по батиметрії досліджених форамініфер крейди-міоцену.

Методики палеоекологічної інтерпретації ґрунтуються як на вивченні сучасних осадових областей шельфу, континентального схилу-підніжжя, підводних піднять, так і на результатах дослідження свердловин глибоководного буріння (Murray, 1976, 1991; Kaminski, Gradstein, 2005). Планктонні форамініфери є виключно морськими організмами, які живуть у нормально солоних умовах, у товщі поверхневих вод до глибин ~50 м. Відсотковий вміст планктону в форамініферових ориктоценозах збільшується з глибиною від субліторальної області до батіальної, досягаючи максимуму на глибинах середньої батіалі. Високе таксономічне розмаїття вапнистих секретійних бентосних форамініфер характерно для субліторальної області, воно збільшується в напрямку від берега. Аглютиновані бентосні форамініфери заселяють як мілководні, так і глибоководні ділянки. При цьому, глибоководні асоціації аглютинованих форамініфер відрізняються від мілководних високим таксономічним розмаїттям, значно

відмінним родовим складом морфологічними особливостями. На глибинах нижче рівня компенсації кальциту, в невапнистих осадах, поширені лише аглютиновані форамініфери кременистого складу.

Для палеоекологічного дослідження форамініфер використано зразки пелітових порід, які інтерпретовано як продукти повільної (гемі)пелагічної седиментації. На підставі відсоткового співвідношення планктонних і бентосних форамініфер виділено три основні біофації: аглютинованих форамініфер (1); планктон-домінантну (2); мішану планктонно-бентосну (3).

Біофація (1) складена аглютинованими бентосними форамініферами (90-100 % ориктоценозів) характеризується високим таксономічним розмаїттям цієї мікрофауни, широким розвитком родів *Nothia*, *Rhabdammina*, *Ammodiscus*, *Reophax*, *Caudammina*, *Naplophragmoides*, *Recurvoides*, *Trochamminoides*, *Reticulophragmium*, *Karrerulina*, *Gerochammina* та інших, залежних від вікового інтервалу. Трапляються домішки планктонних і секретійних бентосних форамініфер. Біофація широко розвинена у відкладах альбу-сантону Зовнішніх Карпат, палеоцену-середнього еоцену Зовнішніх Карпат і Монастирецького покриву (Міжскелястий фліш) Внутрішніх Карпат. Трапляється в туроні-сантоні пухівської світи (Мармароська зона скель) Внутрішніх Карпат, в кампані-маастрихті Зовнішніх Карпат. Вказує на умови континентального схилу-підніжжя поблизу або нижче глибини компенсації кальциту.

Біофація (2) складена планктонними форамініферами (70-100 % ориктоценозів), присутні вапнисті і аглютиновані бентосні форамініфери. Родовий склад залежить від вікового інтервалу. Значний вміст решток у породі та високе таксономічне розмаїття планктону характерно для мергелів верхньої частини тисальської світи (верхи альбу-сеноман) і пухівської світи (верхній турон-нижній маастрихт) у Пенінській зоні, мергелів метовської світи (середній палеоцен-еоцен) у Мармароській зоні скель, в регіонально поширених у Карпатах "глобігерінових мергелях" пограничних верств еоцену і олігоцену. Вказує на умови батіалі з повільною карбонатною седиментацією вище від рівня компенсації кальциту і форамініферової лізокліни.

Біофація (3) містить в різних пропорціях аглютиновані та вапнисті бентосні (не менш ніж по 20 % ориктоценозів) і/чи планктонні форамініфери. За родовим складом і морфологічними особливостями бентосу та вмістом планктону характеризує або схили басейнів на глибинах вище від рівня компенсації кальциту, або субліторальну область. На обстановку схилів вказують форамініфери кампану пухівської світи у Мармароській зоні скель та, частково, у Пенінській зоні. Тут поширені крупні товстостінні вапнисті бентосні види з родів *Oridorsalis*, *Nuttallinella*, *Reusella* і аглютиновані форми з вапнистим цементом родів *Marssonella*, *Goesella*, *Tritaxia*, присутні крупні кілюваті планктонні форамініфери, які характеризують батіальні глибини. На глибини субліторалі вказують планктонні і бентосні форамініфери міоцену Передкарпаття з родів *Globigerina*, *Globoquadrina*, *Dentoglobigerina*, *Trilobatus*, *Tenuitella*, *Globorotalia*, *Chiloguembelina*, *Discorbis*, *Nonion*, *Melonis*, *Cibicides*, *Eponides*, *Anomalinoides*, *Heterolepa*, *Caucasina*, *Hansenisca*, *Bulimina*, *Bolivina*, *Cassidulina* та інші. Тут визначені глибини, відповідні середньому шельфу для егеру-раннього оттангу (поляницька світа), середньому-зовнішньому шельфу для карпату-раннього бадену (воротищенська світа) Бориславсько-Покутської одиниці; середньому шельфу для оттангу-карпату (стебницька світа), внутрішньому шельфу (бережницька світа) Самбірської одиниці.

#### **Список використаних джерел:**

1. Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М., Михайлов В.А., Чепіль П.М., Дригант Д.М., Шлапінський В.Є., Колтун Ю.В., Чепіль В.П., Куровець С.С., Бодлак В.П. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон. – Київ: Ніка-Центр, 2014. – 400 с.
2. Kaminski M.A, Gradstein F.M. Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep-Water Agglutinated Foraminifera. Grzybowski Foundation Special Publication, 10, 2005. 547 p.
3. Murray J. W., 1976. A method of determining proximity of marginal seas to an ocean. *Marine Geology*, 22. P. 256-284.
4. Murray J. W., 1991. Ecology and paleoecology of benthic foraminifera: Longman Scientific and Technical. Harlow. 397 p.



# КРИТИЧНА СИРОВИНА: ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ







## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ

*Литвинюк С.Ф.<sup>1</sup>, к. геол. н., lytvyniuksf@gmail.com,*

*Баряцька Н.В.<sup>2</sup>, д. геол. н., BariatskaN@gmail.com,*

*1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна,*

*2 – ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна*

Світові та регіональні аналітичні дослідження щодо оцінки ресурсів мінеральної сировини, в контексті розвитку циркулярної та ресурсоефективної (низьковуглецевої) економіки, виявили ряд проблемних питань, пов'язаних з різними методичними підходами до оцінки, класифікації, обліку та управління критичної мінеральної сировини (КМС). Уніфікація таких підходів для економічно пов'язаних регіонів є шляхом до створення надійних ланцюгів постачання КМС та сталого економічного розвитку.

Розглянуто різні класифікаційні системи, що використовуються для оцінки та управління КМС. Наведено практичний досвід застосування підходів рамкової класифікації Організації Об'єднаних Націй (РКООН) під час оцінки ресурсного потенціалу видів критичної мінеральної сировини в Україні (без вуглеводнів та підземних вод) в переліку Європейського Союзу. Враховуючи поточний стан мінерально-сировинної бази України, авторами запропоновано методичні інструменти приведення Державного балансу до інтегрованого системного обліку згідно з РКООН.

Ключові слова: критична мінеральна сировина, управління мінеральними ресурсами, категорії, ознаки класифікацій, рамкова класифікація Організації Об'єднаних Націй (РКООН), Система управління ресурсами Організації Об'єднаних Націй (СУРООН).

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE RESOURCE POTENTIAL OF CRITICAL RAW MATERIALS IN UKRAINE

*Lytvyniuk S.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), lytvyniuksf@gmail.com,*

*Bariatska N.<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com,*

*1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Softmine LLC, Kyiv, Ukraine*

Global and regional analytical researches on the mineral resources estimation in the context of circular and resource efficient (low-carbon) economy development have highlighted a number of problematic issues related to different methodological approaches to the estimation, classification, accounting and management of critical minerals. Standardised approaches for economically connected regions is the way to create reliable supply chains for critical minerals and sustainable economic development.

The article presents the practical experience of applying the United Nations Framework Classification (UNFC) approaches in estimation of the critical mineral resources in Ukraine (excluding hydrocarbons and groundwater) in the list of the European Union. Considering the current state of the mineral resource base of Ukraine, the authors propose methodological instruments for bringing the State Balance to the integrated system accounting in accordance with the UNFC.

Key words: critical raw materials, management of mineral resources, categories, classification principles, United Nations Framework Classification (UNFC), United Nations Resource Management System (UNRMS).

**Вступ.** У більшості розвинених країн світу застосовуються принципи сталого економічного розвитку. Доступ до мінеральної сировини має вирішальне значення для надійного функціонування економіки. Упродовж останніх років з'являється все більше аналітичної інформації щодо «найбільш важливої» мінеральної сировини, якій надають різні «об'єднувальні» назви (критична сировина, мінерали майбутнього, мінерали зелених технологій, стратегічна корисна копалина і т. д.). Країни з розвинутими економіками дещо по різному формують перелік критичної мінеральної сировини (далі – КМС), але по всьому світу головним її «споживачем» є екологічно чисті енергетичні технології (атомна, сонячна, вітрова та водна енергетика) та зростання виробництва електричних транспортних засобів. Враховуючи динаміку використання КМС, а також постійного розширення її переліку, актуальним є розробка єдиних (універсальних) методичних підходів визначення параметрів «критичності» і оцінки ресурсного потенціалу країни або регіону.

Україна є державою з потужною мінерально-сировинною базою [6, 9], багатства надр якої зумовлені особливостями геологічної будови її території. Україна є одним із провідних світових

виробників деяких видів корисних копалин, у тому числі такої важливої сировини, як марганець, титан і графіт. Застосування РКООН та СУРООН у сталому управлінні ресурсами (оцінка, облік, використання), включаючи критичну сировину, в Україні відіграє важливу соціальну та екологічну роль в покращенні розвитку циркулярної та ресурсоефективної економіки.

За прогнозами Всесвітнього банку [28], для задоволення дедалі більшого попиту на чисті енергетичні технології, виробництво таких елементів, як графіт, літій і кобальт зросте у кілька разів. Перелік критичних корисних копалин, потрібних для переходу на “зелену” енергетику, охоплює алюміній, хром, кобальт, мідь, графіт, індій, залізо, свинець, літій, манган, молібден, неодим, нікель, срібло, титан, ванадій і цинк. Більшість із них належить до критичної мінеральної сировини в розвинених країнах. Ці метали вважаються життєво важливими для найбільших економік світу, але водночас їхня пропозиція на ринку – постійний об’єкт для низки ризиків, пов’язаних, наприклад, з дефіцитом геологічних ресурсів, геополітичними проблемами, торговою політикою чи іншими зовнішніми чинниками.

Україна була й залишається видобувною державою і потенційно може стати серйозним гравцем на ринку сировинних ресурсів. Мінерально-сировинний комплекс України є міцним фундаментом економіки держави і важливим потенціалом для її процвітання, що забезпечує вагому частку валового національного продукту.

У нормативному полі України що регулює сферу вивчення та управління мінерально-сировинним комплексом поняття або термін «критична мінеральна сировинна» відсутній. Нормативно-методичні документи регулюють визначення таких понять як корисні копалини місцевого та загальнодержавного значення (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 1994 р. № 827), іншими документами зазначено поняття корисних копалин стратегічного значення (Постанова Кабінету Міністрів України від 14 лютого 2023 р. № 132). Враховуючи інтеграційні процеси у Європейську модель розвитку, актуальним для України є формування методики визначення поняття та оцінки КМС, що має важливе стратегічне значення для економіки країни та її сталого розвитку.

**Огляд останніх досліджень і публікацій та формулювання цілей статті.** Поняття КМС, методики визначення критичності, актуальні переліки та стратегії щодо КМС різних країн та регіонів обговорюються у працях [18, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 35 та ін.].

Характеристики різних класифікаційних систем та їхні підходи до оцінки родовищ корисних копалин відображені і описані в монографіях та роботах багатьох вчених та фахівців [1, 3, 4, 15].

Питання гармонізації основних класифікаційних систем світу відображені в так званих мостових документах ЄЕК ООН [19, 20].

Стратегічна та критична мінеральна сировина України та її загальне значення для економічної безпеки та сталого розвитку обговорюються у наукових публікаціях [2, 14, 16, 17, 34].

Законодавчі особливості у сфері надрокористування відображені у чинних нормативно-правових актах [7, 8, 10, 11].

Незважаючи на досить широке висвітлення стану мінерально-сировинної бази України, а також деякі аспекти застосування міжнародних класифікацій оцінки корисних копалин, практично не висвітленим залишається стан та кількість КМС в Україні, а також шляхи впровадження передових світових практик оцінки та управління КМС.

Виходячи з передумов необхідних для сталого розвитку та створення ефективної системи управління ресурсами (первинними та вторинними), у роботі викладено методичні підходи до визначення та оцінки КМС, а також міжнародні класифікаційні системи для оцінки ресурсного потенціалу та управління КМС.

**Поняття та методики визначення КМС.** Стратегія сталого розвитку суспільства передбачає належне забезпечення суспільства мінеральною сировиною, тому уніфікована оцінка та системний облік має важливе значення. Базові поняття та переліки КМС змінювалися у часі та були пов’язані з істотними змінами геополітичних та технологічних обставин (світові війни, індустріалізація, технологічні «революції» і т.д.). Країни «Групи семи» та Європейський Союз в

останні роки розгорнули широкі програми щодо стратегій визначення, формування переліку та управління КМС [21, 27, 31].

Серед підходів визначення поняття КМС слід виділити роботи, що виконані в рамках проєктів ЄС (Генеральний директорат з питань внутрішнього ринку, промисловості, підприємництва та малого та середнього бізнесу).

У 2017 р. був розроблений директивний документ який містить керівні принципи визначення та методика оцінки КМС для ЄС [31]. Відповідно до цього методичного документу у 2023 р. розроблений та опублікований фінальний звіт з дослідження КМС для ЄС [27]. Згідно з цими дослідженнями, методика визначення та оцінки КМС (рис. 1) базується на двох загальних групах параметрів: економічне значення (economic importance – EI) та ризик постачання (supply risk – SR).



Рис. 1. Методологічна схема визначення КМС за даними [33, 31]

Для розрахунків економічного значення у формулі враховується:

- частка кінцевого використання сировини в секторі економіки ( $A_s$ );
- додана вартість зазначеного сектору економіки ( $Q_s$ );
- індекс заміщення сировини ( $SI_{EI}$ )

Параметри ризиків постачання базуються на концентрації первинних поставок із країн-виробників КМС, враховуючи ефективність їх управління та торговельні аспекти та включають:

- глобальне постачання, група країн світових постачальників ( $GS$ );
- фактичне джерело поставок до ЄС, тобто внутрішнє виробництво ЄС плюс інші країни-імпортери до ЄС (EU sourcing);
- індекси *HHI* та *WGI*, що визначають параметри концентрації КМС та їх систему управління;
- імпортна залежність ( $IR$ );
- здатність до переробки наприкінці життєвого циклу ( $EOL_{RIR}$ );
- індекс заміщення, пов'язаний з ризиком пропозиції ( $SI_{SR}$ ).

Перелік КМС встановлюється на основі оціненої сировини, яка досягає або перевищує порогові значення для обох параметрів, визначених Європейською Комісією. Розрахунки базуються на середніх даних за останні 5 років. Для різних параметрів враховується пріоритет, якість і доступність даних.

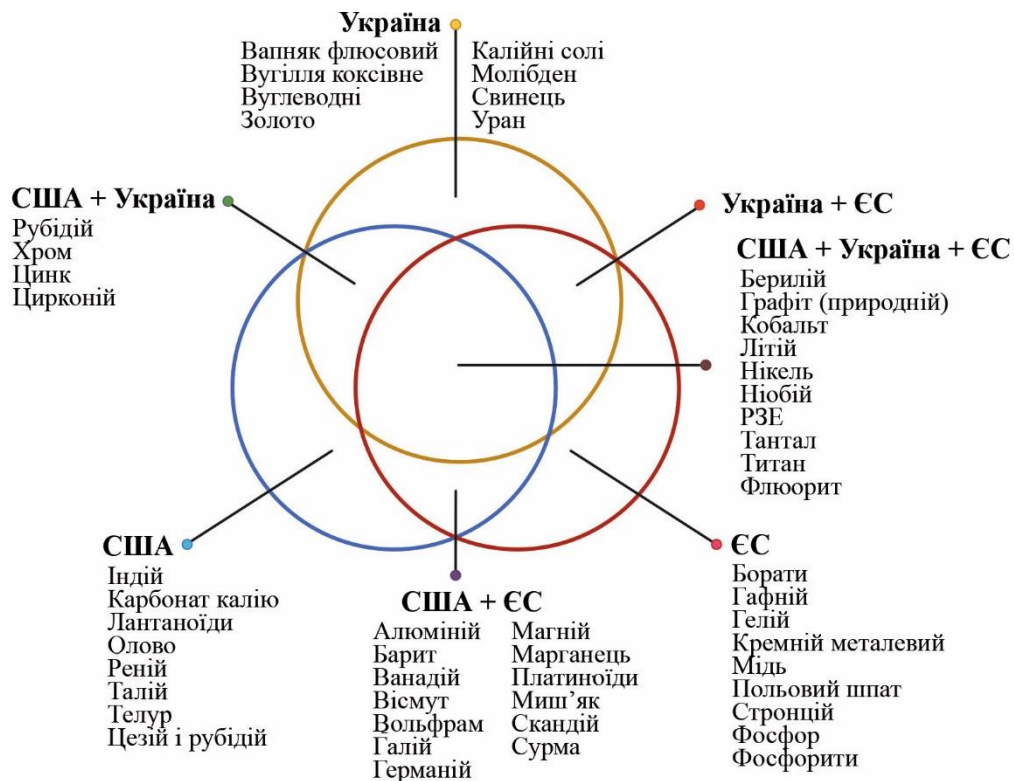
Як можна бачити з табл. 1, складеної на основі даних ЄС про переліки КМС, понад 10 років зберігається стійка тенденція до розширення переліку КМС Європейського союзу, який за цей час збільшився з 16 до 34. Ряд корисних копалин, таких як берилій, вольфрам, графіт, германій, РЗЕ та ін., усі ці роки зберігають своє критичне значення для економіки ЄС. Інші, наприклад, літій, марганець, алюміній, титан, додавалися поступово. Деякі, такі як хром, каучук, індій, лише на деякий період набували критичного значення. Загалом переліки КМС є досить показовими з точки зору розвитку (або стимулювання) певних напрямків економіки та промисловості для даного регіону.

Таблиця 1.

**Тенденції з переліків критичних корисних копалин ЄС з 2011 до 2023 рр.**

№№	Критична мінеральна сировина	2011	2014	2017	2020	2023
1	Алюміній (бокситові руди)					
2	Барит					
3	Берилій					
4	Борати					
5	Ванадій					
6	Вісмут					
7	Вольфрам					
8	Гафній					
9	Галій					
10	Гелій					
11	Германій					
12	Графіт					
13	Індій					
14	Кобальт					
15	Коксівне вугілля					
16	Кремній металевий					
17	Літій					
18	Магній					
19	Магnezит					
20	Марганець					
21	Метали платинової групи					
22	Миш'як					
23	Мідь					
24	Натуральний каучук					
25	Нікель					
26	Ніобій					
27	Плавиковий шпат (флюорит)					
28	Польовий шпат					
29	РЗЕ (важкі)					
30	РЗЕ (легкі)					
31	Скандій					
32	Стибій (Сурма)					
33	Стронцій					
34	Тантал					
35	Титан					
36	Фосфор					
37	Фосфоритові руди					
38	Хром					

Як можна бачити з діаграми (рис. 2), переліки КМС США, ЄС і України мають досить багато спільних видів сировини. У той же час, український перелік досить суттєво відрізняється і має 8 власних. Наразі наші стратегічні корисні копалини більш подібні до переліку КМС США, ніж ЄС, що є досить нелогічним. Це може бути пов'язане не лише з різним розвитком економіки та промисловості, але й з методиками визначення критичності (стратегічності).



**Рис. 2. Порівняльна діаграма переліків критичних корисних копалин США, ЄС та стратегічних корисних копалин України (за даними [12, 22, 23])**

**Методичні підходи оцінки ресурсного потенціалу та управління КМС.** У регіоні ЄЕК ООН і України, в різних юрисдикціях державного та «корпоративного» рівня, діє декілька класифікаційних систем оцінки запасів і ресурсів мінеральної сировини та інших ресурсів (антропогенні, відновлювальні енергетичні та ін.). Серед класифікаційних систем мінеральної сировини, що застосовуються, слід виділити:

1. Рамкова класифікація ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООН) – універсальна система глобального рівня, в якій запаси класифікують на основі трьох фундаментальних критеріїв: (1) економічної і соціальної життєздатності проєкту; (2) статусу й обґрунтованості проєкту освоєння родовища; (3) геологічної вивченості з використанням цифрової системи кодів [36].

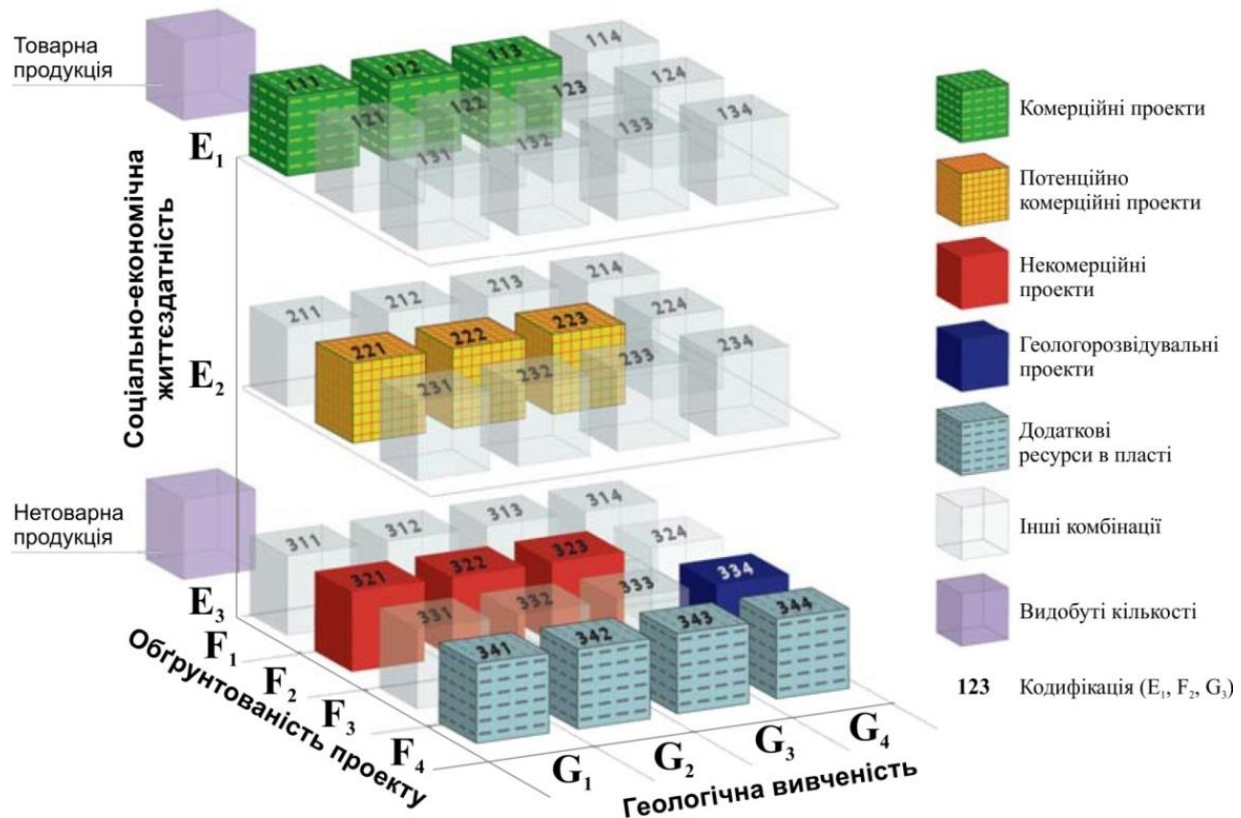
2. Шаблон міжнародної звітності Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах (CRIRSCO). Шаблон подання звітності про результати геологорозвідувальних робіт, мінеральні ресурси і запаси твердих корисних копалин інтегрує мінімально необхідні стандартні вимоги, прийняті в національних стандартах звітності окремих країн світу, з рекомендаціями і вказівками [29]. Ресурси і запаси класифікуються на достовірності оцінки кількості, вмісту (якості), форми, щільності та інших фізичних характеристиках. Головними принципами дії і застосування Шаблону є прозорість, матеріальність (істотність) і компетентність (transparency, materiality and competence).

3. Система класифікації запасів і ресурсів корисних копалин CPCP (на основі Класифікації CPCP 1981 року) – використовується багатьма країнами пострадянського простору та Східної Європи. Основою класифікації запасів і ресурсів є здебільшого ступінь геологічної розвіданості.

4. З прийняттям у 1997 р. нової Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [7], що розроблена у відповідності з РКООН, в Україні впроваджені єдині для Державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин згідно з рівнем їх соціально-економічного значення (вісь E), ступенем техніко-економічної вивченості і підготовленості покладів корисних копалин до подальшого використання (вісь F), а також



ступенем геологічної вивченості і достовірності (вісь G), відповідно до категорій РКООН запасів і ресурсів викопних енергетичних і мінеральних корисних копалин (рис. 3).



**Рис. 3. Принципи розподілу запасів і ресурсів корисних копалин, що прийняті в Класифікації України відповідно до РКООН**

В Україні ведеться системний облік запасів та ресурсів усіх видів корисних копалин, який являє собою систему збору, обробки та зберігання даних про результати геологорозвідувальних та гірничодобувних робіт [13]. Система обліку об'єктів державного фонду надр включає інформацію Державного кадастру родовищ і проявів корисних копалин та Державного балансу запасів корисних копалин, а також відповідну звітність.

Основним завданням обліку запасів корисних копалин є отримання повних і достовірних даних про поточний стан мінерально-сировинної бази підприємства, галузі й країни в цілому, ступеня розвіданості та підготовленості родовища для промислової розробки, забезпеченості гірничодобувних підприємств розвіданими запасами.

Проаналізувавши дані Державного балансу запасів корисних копалин і наявних проявів в Україні [5] (рис. 4) та порівнявши їх із наведеними в таблиці критичними для ЄС позиціями [27], встановлюється певний ресурсний потенціал України, що дає змогу налагодити видобуток і стати важливим постачальником переважної більшості зазначених елементів.

З метою об'єктивної оцінки ресурсного потенціалу КМС, слід додати деякі роз'яснення щодо підходів формування викладеного переліку.

1. До переліку увійшли ділянки надр, що обліковані у встановленому порядку законодавством України, у Державному балансі запасів корисних копалин України.

2. Значна кількість корисних елементів зосереджена у комплексних родовищах (тантал і ніобій, нікель і кобальт, титан, ванадій і т. д.). У такому разі об'єкти повторювались, а кількість ресурсів зазначалась окремо за елементами.

3. Ресурсний потенціал кваліфікований відповідно до Національної класифікації запасів та ресурсів корисних копалин України (фактичний облік).

4. Відповідно до національного законодавства та у зв'язку із військовою агресією росії проти України, частина даних та інформації закриті та мають обмежений доступ (берилій, літій, циркон, скандій, титан, тантал та ніобій).



Детальний аналіз понад 140 об'єктів (ділянок надр, родовищ) дозволив надати інформацію по 22 корисних елементах. З врахуванням методичних підходів РКООН, перелік КМС класифікований відповідно до класів, що відображають стадію геологічного вивчення та промислового освоєння.

	Мінерал / Метал	Родовища (обліковані / ліцензовані об'єкти)	Код РКООН
<b>Життєздатні проєкти</b> Коксівне вугілля, графіт, марганець, кремній металевий, титан, ванадій, циркон	Алюміній	3 / 0	331, 332
	Барит	1 / 0	331, 332
	Берилій	3 / 1	111, 122, 211, 222, 333, 334
	Ванадій	8 / 7 (комплексні)	111, 122, 221, 331, 332
	Гафній	2 / 2 (комплексні)	111, 221, 331
	Германій	220 / 74 (без видобування)	331, 332
<b>Потенційно життєздатні проєкти</b> Берилій, кобальт та нікель, мідь, гафній, літій, РЗЕ, скандій, тантал та ніобій	Графіт	6 / 2	111, 121, 222,
	Кобальт та	12 / 3	122, 331, 332, 333
	Коксівне	28 / 26	111, 122
	Кремній	6 / 6	111, 222, 332
	Літій	4 / 1	122, 222, 332
	Магній	2 / 0	331, 332
	Марганець	5 / 3	111, 121, 122, 221,
	Мідь	5 / 3	122, 332, 333
	РЗЕ	3 / 2	122, 331, 332
	Скандій	12 / 3	222, 332, 333
	Стронцій	1 / 0	331, 332
	Тантал та	4 / 3	111, 122, 331, 332
<b>Перспективні проєкти</b> Алюміній, барит, флюорит, германій, магній, стронцій	Титан	20 / 10	111, 121, 122, 221,
	Флюорит	3 / 0	121, 331, 332, 333
	Фосфоритові	3 / 1	111, 122, 331, 332
	Циркон	8 / 7	111, 122, 221, 222,

Рис. 4. Ресурсний потенціал України в постачанні критичної мінеральної сировини для ЄС

**Висновки.** Нормативно-правова політика України передбачає досягнення цілей сталого розвитку, забезпечення раціонального, комплексного використання ресурсних потреб суспільного виробництва, охорони надр, гарантування при користуванні надрами безпеки людей, майна та навколишнього природного середовища, а також охорони прав і законних інтересів підприємств, установ, організацій та громадян.

Базові принципи формування та управління ресурсами України відповідають РКООН та реалізуються з 1997 року. РКООН – універсальна класифікаційна система, в якій ресурси класифікують на основі трьох фундаментальних критеріїв: (1) екологічної і соціально-економічної життєздатності проєкту (E); (2) статусу й обґрунтованості проєкту освоєння родовища (F); (3) геологічної вивченості або рівня достовірності знань (G) з використанням цифрової системи кодів.

ЄЕК ООН спираючись на РКООН продовжує розвивати СУРООН [24–26], яка стане добровільно прийнятим глобальним стандартом фундаментальних принципів інтегрованого управління ресурсами у тому числі КМС.

Фундаментальні принципи РКООН та СУРООН вже функціонують на національних і глобальних рівнях (міжнародні центри передового досвіду – «ICE»). Активно продовжуються програми Європейського союзу покликані створити стійкі моделі ланцюгів постачання різноманітних ресурсів для переходу на споживання замкнутого циклу з нульовими відходами.

Методика визначення КМС, що застосовується на двох базових параметрах економічної важливості та ризику постачання, дозволяє для розвинутих економік будувати середньо та довгострокові стратегії управління ресурсами. В Україні під час визначення та оцінки КМС

працює група параметрів економічної важливості. Перелік КМС поглинається поняттями стратегічної корисної копалини.

Необхідною умовою для забезпечення надійних міжрегіональних ланцюгів постачання КМС та залучення інвестицій у їх геологічну розвідку та видобування є інтегрування України до міжнародної системи управління ресурсами КМС. Для цього необхідно затвердити методичні підходи до визначення, оцінки ресурсів та управління КМС з урахуванням передових світових практик. Доцільно також проводити дослідження критичності мінеральної сировини на державному рівні та затверджувати відповідні переліки. Це може бути також механізмом стимулювання розвитку певних напрямів геологічного вивчення й видобування корисних копалин.

Аналіз Державного балансу України з використанням підходів РКООН виявив головні перспективи розвитку мінерально-сировинної бази, що пов'язані з потенційними та перспективними проєктами по 22 елементах зі списку критичної мінеральної сировини ЄС. Україна має всі передумови стати учасником програм Європейського союзу, що покликані створити стійкі моделі ланцюгів постачання різноманітних ресурсів для переходу на споживання замкнутого циклу з нульовими відходами. Попри значний ресурсний потенціал України наша промисловість характеризується технологічною відсталістю і низькою інноваційною активністю суб'єктів господарювання, застарілою структурою обробної промисловості, посиленням технологічної залежності від інших країн. В таких умовах мінерально-сировинна база розглядається як джерело постачання КМС з низькою доданою вартістю.

#### **Список використаних джерел:**

1. Балега А., Вижва С., Курило М. Інституційне забезпечення геологічного вивчення надр: національний вимір (практика) та міжнародний досвід. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 4(83). 2018.С. 63-72.
2. Баряцька Н.В. (2020) Поняття критичної мінеральної сировини – інструмент стимулювання розвитку надрокористування в Україні. *Мінеральні ресурси України*, № 2, С. 13-18.
3. Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г. Застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів – запорука інвестиційної привабливості українських родовищ. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології та екології: наука й виробництво. Матеріали VII Міжнародного геологічного форуму*, Одеса, Україна, 15-20 червня 2020 р.15-23.
4. Вижва С., Курило М., Балега А. Основні інструменти державного планування і фінансування забезпечення геологічного вивчення надр в Україні *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2(81). 2018.С. 56-62.
5. Державний баланс запасів корисних копалин України на 01.01.2021. Київ: ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ГЕОЛОГІЇ ТА НАДР УКРАЇНИ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України».
6. Інвестиційний атлас надрокористувача. Стратегічні та критичні мінерали (2021). Державна служба геології та надр України.
7. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, 1997, доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>.
8. Кодекс України «Про надра» від 27.07.1994 р. № 132/94. (1994). *Відомості Верховної Ради України*.
9. Мінеральні ресурси України. Київ: Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. 270 с.
10. Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 34/м від 3 березня 2003 р. Офіційний вісник України, 21.
11. Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 р. № 865 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>

12. Портфолію критичної сировини України. Державна служба геології та надр України. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/critical-minerals-portfolio-ua.pdf>
13. Порядок державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин. Постанова Кабінету Міністрів України від 31 січня 1995 р. N 75 Київ
14. Рудько Г.І., Бала Г.Р. Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. Мінеральні ресурси України, № 2. 2021. С. 3–14.
15. Рудько Г.І., Нецький О.В., Назаренко М.В., Хоменко С.А. Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації. – Київ, 2012. – 240 с.
16. Рудько Г.І., Литвинюк С.Ф., Карли В.Е., Бала Г.Р. Родовища критичної мінеральної сировини України. Стан і перспективи / За ред. Г.І. Рудька. Київ–Чернівці: Букрек, 2021. 248 с.
17. Шехунова С.Б. (2023) Критична та стратегічна мінеральна сировина для економічної безпеки та повоєнного розвитку України. *Вісн. НАН України*, 2023, № 5, сс. 25-30 doi: <https://doi.org/10.15407/visn2023.05.025>
18. Australia's Critical Minerals List (2023) Department of industry science energy and resources australia <https://www.industry.gov.au/publications/australias-critical-minerals-list>
19. Bridging Document between CRIRSCO and UNFC (2015). UNECE [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/Revised\\_CRIRSCO\\_Template\\_UNFC\\_Bridging\\_Document.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/Revised_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf)
20. Bridging Document between PRMS and UNFC (2013). UNECE [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/RPMS\\_UNFC2009\\_Bridging\\_ES42.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/RPMS_UNFC2009_Bridging_ES42.pdf)
21. Canada and U.S. Finalize Joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration//Natural Resources Canada. News release. Ottawa, Ontario. – 2020 <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2020/01/canada-and-us-finalize-joint-action-plan-on-critical-minerals-collaboration.html>
22. Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D. et al. (2023) Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*, 261 p. doi:10.2760/386650.
23. Critical Materials Assessment 2023 (2023) U.S. Department of Energy. 240 p. [https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/doe-critical-material-assessment\\_07312023.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/doe-critical-material-assessment_07312023.pdf)
24. ECE/ENERGY/GE.3/2020/4: United Nations Resource Management System Concept Note: Objectives, requirements, outline and way forward. Geneva: Economic and Social Council of United Nations. 2020. 14 p. [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/egrm/egrm11\\_apr2020/ECE\\_ENERGY\\_GE.3\\_2020\\_4\\_UNRMS\\_final.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/egrm/egrm11_apr2020/ECE_ENERGY_GE.3_2020_4_UNRMS_final.pdf)
25. ECE/ENERGY/GE.3/2021/10: Draft United Nations Resource Management System: Provisional structure and guidelines. Geneva: Economic and Social Council of United Nations. 2021. 21 p. [https://unece.org/sites/default/files/2021-04/ECE\\_ENERGY\\_GE.3\\_2021\\_10\\_UNRMS.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2021-04/ECE_ENERGY_GE.3_2021_10_UNRMS.pdf)
26. ECE/ENERGY/GE.3/2022/6: Draft United Nations Resource Management System: Principles and Requirements. Geneva: Economic and Social Council of United Nations. 2022. 23 p. [https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE\\_ENERGY\\_GE.3\\_2022\\_6.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE_ENERGY_GE.3_2022_6.pdf)
27. Grohol M. and Veeh C. Study on the Critical Raw Materials for the EU. 2023. Final Report. – DG GROW, European Commission, 2023. – 160 p. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/54114/attachments/1/translations/en/renditions/native>
28. Hund K., La Porta D., Fabregas T. P., Laing T., Drexhage J. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. International Bank for Reconstruction and Development. – The World Bank, 2020. 110 p.
29. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. International Council on Mining & Metals, 2019. – 78 p. [https://www.criirco.com/docs/CRIRSCO\\_International\\_Reporting\\_Template\\_November\\_2019.pdf](https://www.criirco.com/docs/CRIRSCO_International_Reporting_Template_November_2019.pdf)

30. Isetani, S., Shimizu, S., DeWit, A., Shaw, R. (2022) Indo-Japanese Collaboration on Energy Security and Critical Raw Materials (CRM) *The Asia-Pacific Journal*, V. 20, Issue 18, Number 5, pp. 1-32 <https://apjpf.org/2022/18/Isetani-Shimizu-DeWit-Shaw.html>
31. Methodology for Establishing the EU List of Critical raw Materials. Guidelines, (2017) *European Commission*, 26 p. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1>
32. Nakano, J. (2021) The Geopolitics of Critical Minerals Supply Chains. Report. Center for Strategic and International Studies (CSIS), 22 p. // Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/resrep30033.8>
33. Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials // European Commission, May 2014. – 41 p. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/10010/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>.
34. Tiess, G., Sokolova, I., Klochkov, S., 2021 Effective mineral policy as a key factor for sustainable economy // *Геолог України*, №1–2 (44–45).
35. The Canadian Critical Minerals Strategy. From Exploration to Recycling: Powering the Green and Digital Economy for Canada and the World (2022) Natural Resources Canada 52 p. <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/canadian-critical-minerals-strategy.html>
36. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)

## СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ НА ПРИКАРПАТТІ

*Костів І.Ю., к. техн. н., ivankostiv@yahoo.com,  
Хацевич О.М., к. техн. н., khatsevich.olga@meta.ua,  
Держко О.І., olgaderzko328@gmail.com,  
Державна установа «НІОХІМ», Калуш, Україна*

Анотація. У статті наведені дані про досвід перероблення полімінеральних руд Прикарпаття, недоліки існуючих технологій, нові розробки та перспективу відновлення виробництва сульфатних калійно-магнієвих добрив, технічного натрій хлориду і концентрованого розчину магній хлориду, який є сировиною для отримання металічного магнію, магній оксиду чи гідроксиду, магнезійних в'язучих. Розроблені нові технології перероблення руди включають попереднє її очищення від домішок мулу, конверсію повільно розчинних мінералів у швидкокорозійні, розчинення, кристалізацію добрива і випарювання надлишкових розчинів. А також запропоновано технології перероблення нагромаджених розсолів, які включають їх насичення солями хвостосховищ, очищення від домішок гіпсу і заліза, випарювання у багатокорпусних вакуум випарних установках, кристалізацію добрива і натрій хлориду.

## СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНИХ КАЛІЙНИХ ДОБРИВ НА ПРИКАРПАТТІ

*Kostiv I., Cand. Sci. (Eng.), ivankostiv@yahoo.com,  
Khatsevich O., Cand. Sci. (Eng.), Researcher, khatsevich.olga@meta.ua,  
Derzhko O., Researcher, olgaderzko328@gmail.com,  
State Institution "NIOCHIM", Kalush, Ukraine*

Abstract. The article provides data on the experience of processing polymineral ores of the Carpathian region, the shortcomings of existing technologies, new developments and the prospect of resuming the production of sulfate potassium-magnesium fertilizers, technical sodium chloride and a concentrated solution of magnesium chloride, which is a raw material for obtaining metallic magnesium, magnesium oxide or hydroxide. The developed new ore processing technologies include preliminary cleaning of silt impurities, conversion of slowly soluble minerals into fast soluble ones, dissolution, crystallization of fertilizer and evaporation of excess solutions. Technologies for the processing of accumulated brines are also proposed, which include their saturation with tailings salts, cleaning of gypsum and iron impurities, evaporation in multi-body vacuum evaporation units, crystallization of fertilizer and sodium chloride.

**Мета:** аналіз літературних джерел про практику перероблення полімінеральних калійно-магнієвих руд, результатів лабораторних досліджень та розроблених нових ефективних технологій, які рекомендуються для реалізації у виробництві.

**Методи досліджень:** аналіз публікацій, фондових матеріалів та дослідження у лабораторних умовах.

### Вступ

Калійні руди Прикарпаття характеризуються неоднорідністю і різноманітністю мінерального складу. Жодне родовище в світі не містить аналогічного різновиду калійних мінералів. Основними мінералами є каїніт, лангбейніт і галіт, які й утворюють калієносні породи. Поширеною є каїнітова порода, що містить 35–60 % каїніту, 20–40 % галіту та в невеликій кількості інші мінерали. Каїнітова порода зустрічається не тільки в Прикарпатському, а також в інших родовищах. Другою за поширенням є лангбейніто-каїнітова порода, що містить 10–20 % лангбейніту, 20–30 % каїніту, 30–40 % галіту. Така порода зустрічається тільки в полімінеральній калійній руді Прикарпаття. Поширеною є лангбейнітова порода, що містить 30–50 % лангбейніту, 30 % галіту. Лангбейнітова порода зустрічається в калійних родовищах США, ФРН, Пакистану, Австрії, але ніде, за винятком Прикарпаття і США, не утворює промислових запасів.

Полімінеральні калійні руди Прикарпаття придатні для виробництва безхлоридних калійно-магнієвих добрив – калімагнезії. Ці добрива є незамінні для хлорофобних культур – цитрусових, винограду, помідорів, картоплі, тютюну, баштанних культур, а також зернових. Вигідне географічне розташування Прикарпаття сприятиме відновленню виробництва безхлоридних калійних добрив.

## 1. Досвід промислового перероблення полімінеральних калійно-магнієвих руд Прикарпаття

Досвіду промислового хімічного перероблення каїнітових та полімінеральних калійних руд Прикарпаття до 1957 року ще не було. Видобуток калійної руди здійснювали в Калуші від 1867 року і реалізували як добриво. Найбільшого видобутку досягнули в 1929 році, виробивши 358,6 тис. т добрива (62,3 тис. т  $K_2O$ ). Це становило 2,9 % від світового випуску калійних добрив. Більше випускали лише Німеччина (1483 тис. т  $K_2O$ ) і Франція (496 тис. т  $K_2O$ ) [1, 2]. Від 1929 року працювала фабрика, яка переробляла сильвінітову руду на Калій хлорид [3].

Першим виробництвом із переробки полімінеральних калійних руд сульфатно-хлоридного типу на калімагнезію і сульфат калію був дослідно-експлуатаційний цех сульфату калію Калуського калійного комбінату, що працював за галургійною технологією, розробленою у Львівській політехніці у 20-30 роках [4, 5] та вдосконаленою після війни у Всесоюзному науково-дослідному інституті галургії. В той час був розроблений проєкт дослідно-експлуатаційного цеху Калій сульфату. Цех ввели в експлуатацію 4 вересня 1957 р. і тільки сульфатне відділення. Відділення випарювання надлишкових розчинів запустили значно пізніше. Планували обладнати відділення флотації залишку після розчинення руди, але його не виконали. Перші місяці роботи цеху калій сульфату характеризувалися частими зупинками, зв'язаними з особливостями нової технології, поломками обладнання, переробленням окремих вузлів. Простоювання були значними і займали до 52 % календарного часу. У цеху переробляли легкорозчинні каїнітову і сильвінітову руди. Але поступово налагоджувалась робота цеху, одержували товарну продукцію. Цех працював до 1967 р. Дослідно-експлуатаційний цех випускав 3000 т за рік Калій сульфату із вмістом Калію у перерахунку на  $K_2O$  не менше 45 % (85 % Калій сульфату ( $K_2SO_4$ )). Із домішок продукт містив не більше 1 % Магнію у перерахунку на  $MgO$  і до 0,3 %  $Cl^-$ . Отримували також очищений Калій сульфат. Калій сульфат одержували за схемою: розчинення руди, освітлення насиченого розчину, кристалізація шеніту, його фільтрування і розклад водою до сульфату калію. Як супутній продукт одержували харчову сіль і кристалічний Магній хлорид [6].

У 1967 р. на Калуському калійному комбінаті була введена в експлуатацію дослідно-промислова збагачувальна фабрика після реконструкції фабрики, яка до цього переробляла сильвінітову руду на Калій хлорид. Вона працювала до 1979 р. Технологічний процес перероблення каїнітової руди базувався на галургійному методі. Процес включав одержання калімагнезії, очищеного Калій сульфату (325 т за рік), харчової солі (50 тис. т за рік) і магнійхлоридного розчину як окремого продукту. У дослідно-експлуатаційному цеху обстежили технологічний процес і зібрали дані для комплексу хімфабрик, введених у експлуатацію у 1967 році, який працював на руді рудника «Ново-Голинь» та Домбровського кар'єру. Цех калій сульфату працював на швидкорозчинних рудах, а руди нового рудника і кар'єру містили швидкорозчинні та повільнорозчинні сульфатні мінерали. Залишок після розчинення передбачали переробляти методом флотації. Процес флотації дослідили лише в лабораторних умовах. Однак, як пізніше виявилось, властивості поверхні свіжо подрібнених мінералів і витриманих лабораторних зразків відрізнялись, тому на стадії флотації нерозчиненого залишку руди очікуваних результатів не досягли [6]. Отже, фактичних даних для побудови нової фабрики виявилось недостатньо, технологія на реальній сировині нових рудників не була перевірена. За даними обстеження технологічного процесу на стадії розчинення розчинялось від 90 до 100 % сильвіну і каїніту, 22-23 % лангбейніту, менше 20 % кізериту. У результаті на стадії розчинення руди одержані розчини були недостатньо насичені солями калію і магнію та під час їх охолодження продукційний шеніт забруднювався натрій хлоридом. Проєктних показників на комплексі хімфабрик не досягнули, пізніше зробили перерахунок потужності виробництва і перевели його у планово збиткове. Через незадовільну роботу флотаційне відділення зупинили у 1983 р.

Після запуску магнієвого заводу відхідний магнійхлоридний розчин переробляли на синтетичний карналіт – сировину для електролітичного магнію. За такою технологією витяг калію і сульфатів із руди в калімагнезію досягав 55-60 % і менше, магнію – не більше 60 %.



Відходами виробництва були: галіто-лангбейнітовий залишок стадії розчинення руди, глинистий мул, гіпс, промивні води, частина технічної солі та ін. Готовою продукцією виробництва були: калімагнезія із вмістом від 26 до 30 % калію у перерахунку на  $K_2O$ , 8 % магнію у перерахунку на  $MgO$  і не більше 25 % хлору.

У Стебнику переробляли руди аналогічного складу флотаційним методом [7].

Калійні підприємства в Україні працювали тільки в Калуші і Стебнику і випускали в 1970–1980 роках 500 тис. т. калійних добрив у перерахунку на 100 % поживної речовини [8]. В наступні роки випуск калійних добрив швидко знижувався. Технології переробки руди потребували удосконалення. Назріло питання реконструкції підприємств. Планували реконструкцію Стебницького підприємства, яка передбачала попередню обробку подрібненої руди промводами з метою гідратації повільнорозчинних лангбейніту і кізериту у швидкорозчинні шеніт і епсоміт. Переваги способу із попередньою гідратацією полягають у збільшенні витягу калію із руди в продукти до 73-78 %, а магнію – до 65-70 %, а також у спрощенні технології за рахунок зниження числа ступенів розчинення руди [9]. Але через фінансово-економічну ситуацію в країні ця технологія не була впроваджена у виробництво. Залишились екологічні проблеми, які проявляються у вигляді провалів земної поверхні і засоленні ґрунтових вод.

У Стебнику у зв'язку із небезпекою карстових проявів розробляються проекти переносу та спорудженню нових інженерних комунікацій. У зв'язку з цим є певні ускладнення з боку відведення землі та вирубок лісових насаджень. Все це потребує величезних матеріальних затрат і фінансових ресурсів. Але більшість даних проєктів не усувають причин виникнення небезпечної ситуації. Використання соляних порід хвостосховища стебницького підприємства для тампонажних робіт дозволить поступово звільняти від них ділянки хвостосховища та зменшити обсяг забруднення розсолами навколишнього середовища. Густі суспензії закачують через вертикальні тампонажні свердловини у підземні пустоти, заповнені концентрованими розсолами. Із віддалених від точки закачування суспензій камер відбирають освітлені концентровані розсоли для переробки у об'ємах, рівних об'єму закачаної суспензії.

Була виконана велика кількість лабораторних і напівпромислових досліджень з метою збільшення ступеня розчинення калійно-магнієвих мінералів руди і покращення якості калімагнезії. Зокрема була розроблена для заводу калійних добрив у Калуші схема «повного розчинення», яка передбачала розчинення руди і кристалізацію шеніту, розчинення водою галіту із галіто-лангбейнітового залишку з наступним випарюванням галітового розчину і одержанням харчової солі, наступним розчиненням лангбейніто-полігалітового залишку з одержанням лангбейнітового розчину і поверненням його на стадію кристалізації шеніту, Полігаліт висушують і гранулюють, одержують полігалітове добриво. Розроблена технологія очищення шенітової суспензії на стадії вакуум-кристалізації від домішок натрій хлориду, за рахунок чого вміст хлору в калімагнезії зменшувався до 10 %. Але ці удосконалені технології не були впроваджені. Нові дослідження проводилися у лабораторних умовах в межах бюджетного фінансування, а також при виконанні дисертаційних робіт. Були розроблені технології повного розчинення руди водою і нагромадженими розсолами [7-9], очищення помеленої руди мокрим способом [10], прискореної гідратації повільно розчинних мінералів [8], конверсії з магній хлоридом [12], із натрій сульфатом з метою уникнення утворення магнійхлоридних розчинів [13], перероблення нагромаджених розсолів і конверсії із виділеними вторинними калійно-магнієвими солями [14]. Напрацьовані нові способи перероблення руд на безхлоридні добрива [12-18], які можуть лягти в основу нової вискоєфективної технології. Вона дозволить підвищити ступінь витягу калію з руди в добриво до 80-86 %, знизити вміст хлору в ньому до 2-5 %, спростити процес і знизити його енергоємність. Для закінчення робіт із реалізації вказаних технологій потрібно додатково провести науково-дослідні роботи в дослідно-промислових умовах і виконати техніко-економічні розрахунки.

Наявність сировинних ресурсів, зростання попиту та ціни на калійні добрива дозволяє зробити висновок про перспективність виробництва безхлоридних калійних добрив на базі полімінеральних руд Прикарпаття.

## 2. Результати досліджень та їх обговорення

Розчини калійних копалень - це полікомпонентна система  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  //  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  -  $H_2O$ , що ненасичена за солями  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  і  $SO_4^{2-}$  [6]. Для досліджень технології перероблення нагромаджених сольових розчинів відібрали розчин на Домбровському кар'єрі із глибини більше 40 м. Хімічний склад (мас. %):  $K^+$  2,42;  $Mg^{2+}$  1,73;  $Ca^{2+}$  0,02;  $Na^+$  7,03;  $Cl^-$  13,92;  $SO_4^{2-}$  5,63;  $H_2O$  69,25. В лабораторних умовах дослідили процес випарювання розсолів калійних копалень і одержання натрій хлориду, шеніту та розчину магній хлориду. На основі одержаних даних розробили технологію, готовими продуктами якої є калімагнезія із вмістом поживних речовин (мас. %):  $K_2O$  – 28,8;  $MgO$  – 11,7;  $SO_4^{2-}$  – 59,3;  $Cl^-$  – 1,8 (сума поживних речовин:  $K_2O + MgO + S = 60,3$  %), а також технічна сіль вищого сорту і магнійхлоридний розчин із концентрацією  $MgCl_2$  30,0-32,0 %, який може бути використаний для одержання кристалічного магній хлориду, магнезіальних в'язучих, оксиду магнезії або кристалічного бішофіту. Витяг калію у калімагнезії становить 90,0 %, магнезії – 36,4 % і сульфатів – 94,4 %. На 1,0 млн  $m^3$  розчину Домбровського кар'єру утворюється 103,9 тис. т калімагнезії, 203 тис. т технічної солі, 137 тис. т магній хлориду шестиводного. Нагромаджений сьогодні запас концентрованих розчинів можна використати у майбутньому виробництві для попереднього розчинення і очищення від домішок глини помеленої руди дільниці «Пійло» у Калуші або рудника № 1 у Стебнику [7–9]. Очищену від глинистих домішок руду забирають на переробку, а глинистий розчин скидають у кар'єр або шахтні виробки для відстоювання і поступового їх замулювання. За рахунок цього можна суттєво збільшити промислові запаси руд на рудниках, які через підвищений вміст глинистих домішок вважаються не кондиційними і не внесені в Державний реєстр запасів. Розроблена технологія реалізується у чотирикорпусній вакуум-випарній установці з виділенням у процесі випарювання натрій хлориду, його фільтруванням з одержанням технічної солі. Одержаний розчин направляють на кристалізацію шеніту. Шеніт відділяють і сушать з одержанням калійно-магнієвого добрива – калімагнезії, а шенітовий розчин подають на другу стадію випарювання для виділення калійно-магнієвих солей. Одержують каїнітову суспензію, методом гідросепарації її очищують від кристалів натрій хлориду, згущують і повертають на змішування з розчином після відділення натрій хлориду і кристалізацію шеніту, а освітлений каїнітовий (магнійхлоридний) розчин із концентрацією 30-32 %  $MgCl_2$  виводять із процесу як супутній продукт. Нова технологія перероблення полімінеральної калійної руди забезпечує зниження питомих затрат сировини і енергії та підвищення якості добрив.

В лабораторних умовах проведені експериментальні дослідження із полімінеральною калійно-магнієвою рудою. За результатами попередніх досліджень взяли 1000 г подрібненої до розміру -5 мм полімінеральної калійно-магнієвої руди (складу, мас. % поданий у табл. 1) змішували із 1500 г розчину калійного рудника (складу, мас. % поданий у табл. 1) протягом 20 с, декантували суспензію глинистого мулу, відстоювали її протягом 20 с, частинки руди розміром більшим 1,0 мм розмелювали до розміру меншого 0,5 мм, змішували із осадом вологої солі із глинистої суспензії, добавляли 230 г розчину рудника для встановлення вологості суміші 16 % і зберігали протягом 120 год для гідратації повільно розчинних мінералів.

Одержали 999,6 г шенітизованої руди, яку розчиняли за температури 70°C. Добавили суспензію каїніту після випарювання надлишкового шенітового розчину, яка складалася із 244 г осаду та 224 г розчину (складу, мас. % подано в табл. 1), суспензію перемішували 5 хв. Відділили 179,6 г кристалів солі, розчин освітлювали, охолоджували до температури 20°C і продовжували перемішування 120 хв. Одержаний осад відфільтрували. Одержали 407,4 г вологого шеніту та 2422,5 г шенітового розчину (склад, мас. % поданий в табл. 1). Осад шеніту висушували, одержали 319,4 г висушеного шеніту (складу, мас. % поданий в табл. 1). З 1400 г шенітового розчину випарювали за температури 80°C 291,9 г води. Одержали 64,0 г натрій хлориду і 1044,1 г випареного розчину (склад, мас. % поданий в табл. 1). З отриманого розчину продовжували випарювати 170,8 г води за температури 90°C. Одержали 243,9 г осаду каїніту і 305,4 г магнійхлоридного розчину із концентрацією 30,9 %  $MgCl_2$ . Каїніт та частину каїнітового розчину повертали на змішування і розчинення у вихідному хлоридно-сульфатному розчині.

## Хімічний склад сировини, проміжних та кінцевих продуктів

№	Назва сировини / продукту	Йонний склад, мас. %							
		K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> O	H.O.
1.	Полімінеральна руда	8,38	4,54	1,12	14,16	26,45	23,87	5,98	15,50
2.	Розчин рудника	2,71	2,07	0,03	6,33	13,11	7,02	68,73	
3.	Каїніт	18,28	5,66	-	6,68	25,79	26,73	16,86	
4.	Каїнітовий розчин	2,16	7,56	-	4,26	16,47	2,32	67,13	
5.	Шеніт (вологий)	20,79	5,69	0,05	0,59	0,93	45,03	26,90	
6.	Шенітовий розчин	3,97	3,17	0,02	3,91	14,76	5,55	68,62	
7.	Шеніт (висушений)	26,55	7,27	0,06	0,75	1,19	57,52	6,80	
8.	Натрій хлорид	0,06	0,03	-	37,63	58,11	0,20	3,97	
9.	Випареного розчину	5,33	5,06	0,02	2,93	16,22	7,43	63,01	

На рис. 1 наведена принципова технологічна схема перероблення полімінеральної калійно-магнієвої руди із матеріальними балансами на потужність 1 млн т руди за рік або 133,5 т за годину. Витяг калію у шеніт становить 94,2 %, магнію – 46,3 %, а магнію у магнійхлоридний розчин – 48,0 %.

На одну тонну калімагнезії (30,0 % K<sub>2</sub>O) витрачається 3,04 т руди, 0,49 Гкал. пари, 0,223 МВт\*год електроенергії, 178 м<sup>3</sup> оборотної води, 23,4 м<sup>3</sup> газу і утворюється 0,74 т солі вищого сорту, 0,82 т магнійхлоридного розчину (30-32 % MgCl<sub>2</sub>). Відходами є 0,34 т промитого мулу, 1,33 т галіто-полігалітового залишку, який можна переробляти на харчову сіль і полігалітове добриво.

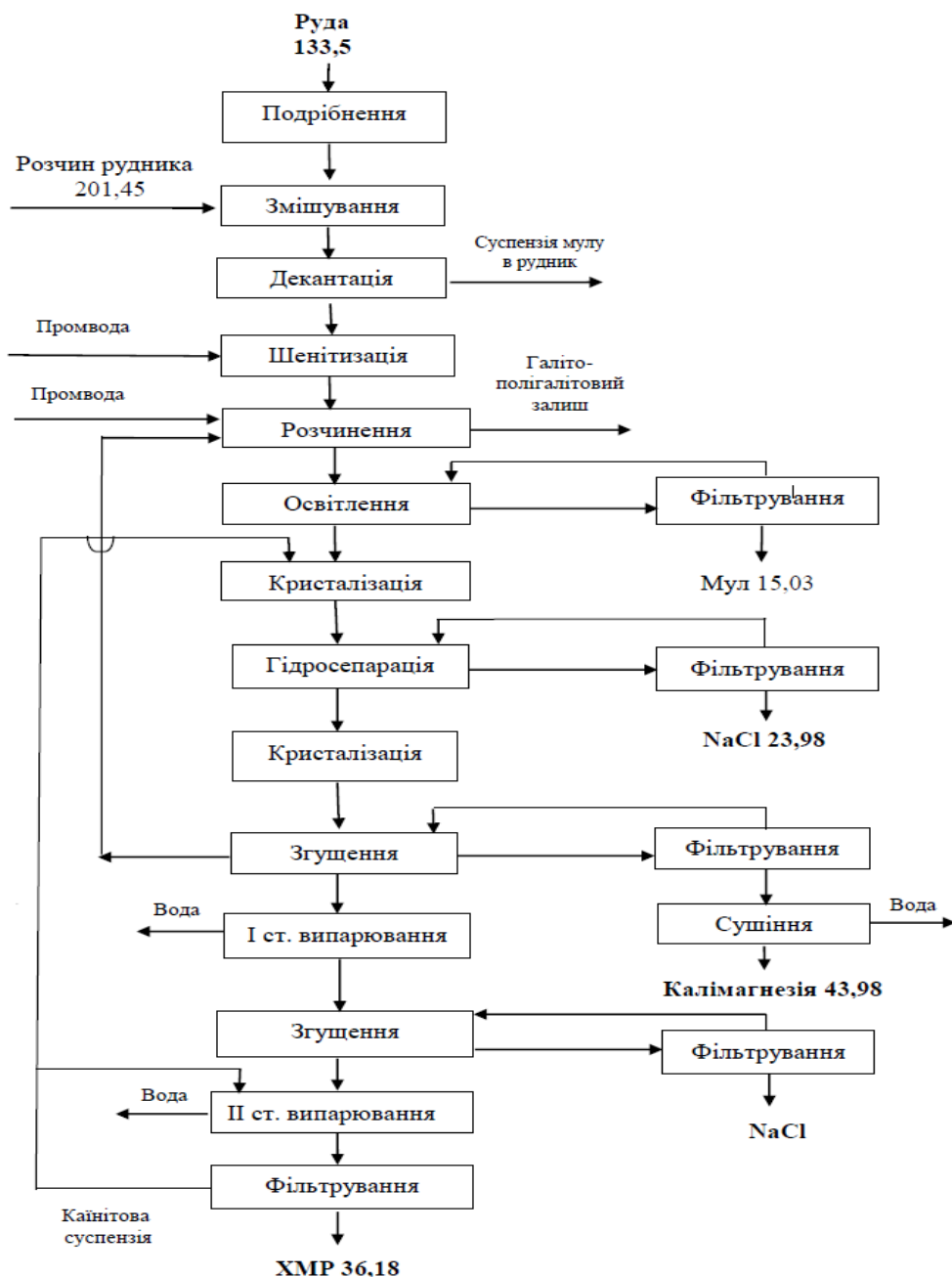
Ціна калімагнезії виробництва K+S KALI GmbH (Німеччина) у 2021 році становила 520 дол. за 1 т. У 2023 році на вітчизняному ринку цієї продукції не було. Для розрахунку собівартості калімагнезії прийняли витратні норми енергоносіїв за даними колишнього виробництва калійних добрив, що орієнтовно становлять 238,6 \$. У розрахунку собівартості не враховували вартість супутньої продукції. Якщо врахувати попередньо розраховану вартість капітальних затрат 300 млн \$, то термін окупності капітальних вкладень становить орієнтовно 4 роки.

На рис. 2 наведена принципова технологічна схема перероблення сольових розчинів Домбровського кар'єру із матеріальними балансами на потужність 1,5 млн м<sup>3</sup> сольових розчинів за рік або 255 т за годину.

На одну тонну калімагнезії (30,0 % K<sub>2</sub>O) витрачається 12,25 т і утворюється 1,95 т солі вищого сорту, 2,00 т магнійхлоридного розчину (30-32 % MgCl<sub>2</sub>).

Собівартість калімагнезії із розсолів становить  $9025,8 : 38 = 237,5$  \$. У собівартості калімагнезії враховували ціну технічної солі, яку прийняли рівною 50 % від найнижчої імпортової ціни.

Попередньо розрахована вартість капітальних затрат становить 200 млн \$, тоді термін окупності капітальних вкладень орієнтовно становить 5 років.



**Рис. 1. Принципова технологічна схема перероблення полімінеральної калійної руди**

Таким чином, запаси калійно-магнієвих руд, високомінералізованих розчинів і заскладованих твердих соляних відходів та розроблені технології їх перероблення дають змогу організувати виробництво високоякісного безхлоридного калійно-магнієвого добрива – калімагнезії, яка матиме широкий збут на внутрішньому та зовнішньому ринках. Технічний натрій хлорид може знайти застосування у виробництві каустичної соди і хлору.

Нові технології можна рекомендувати для перероблення розсолів і твердих фаз соляних озер США, Австралії, Казахстану, Південної та Південно-Східної Азії.

Полімінеральні калійні руди Прикарпаття через високий вміст глинистих домішок раціонально переробляти із попереднім відділенням більшої частини глини за допомогою нагромаджених у рудниках концентрованих розчинів та наступною гідратацією важкорозчинних мінералів. Отже, значні запаси полімінеральних калійних руд Прикарпаття, наявність в їх складі важко- і легкокорозчинних мінералів, (до 30 % лангбейніту, 10 % кізериту, 5 % полігаліту), до 20–30 % глини, зумовлюють необхідність реалізації нових технологій їх перероблення. Зростання попиту на світовому ринку та й в Україні на калійні добрива є основним обґрунтуванням відновлення роботи калійних виробництв у Калуші і Стебнику.

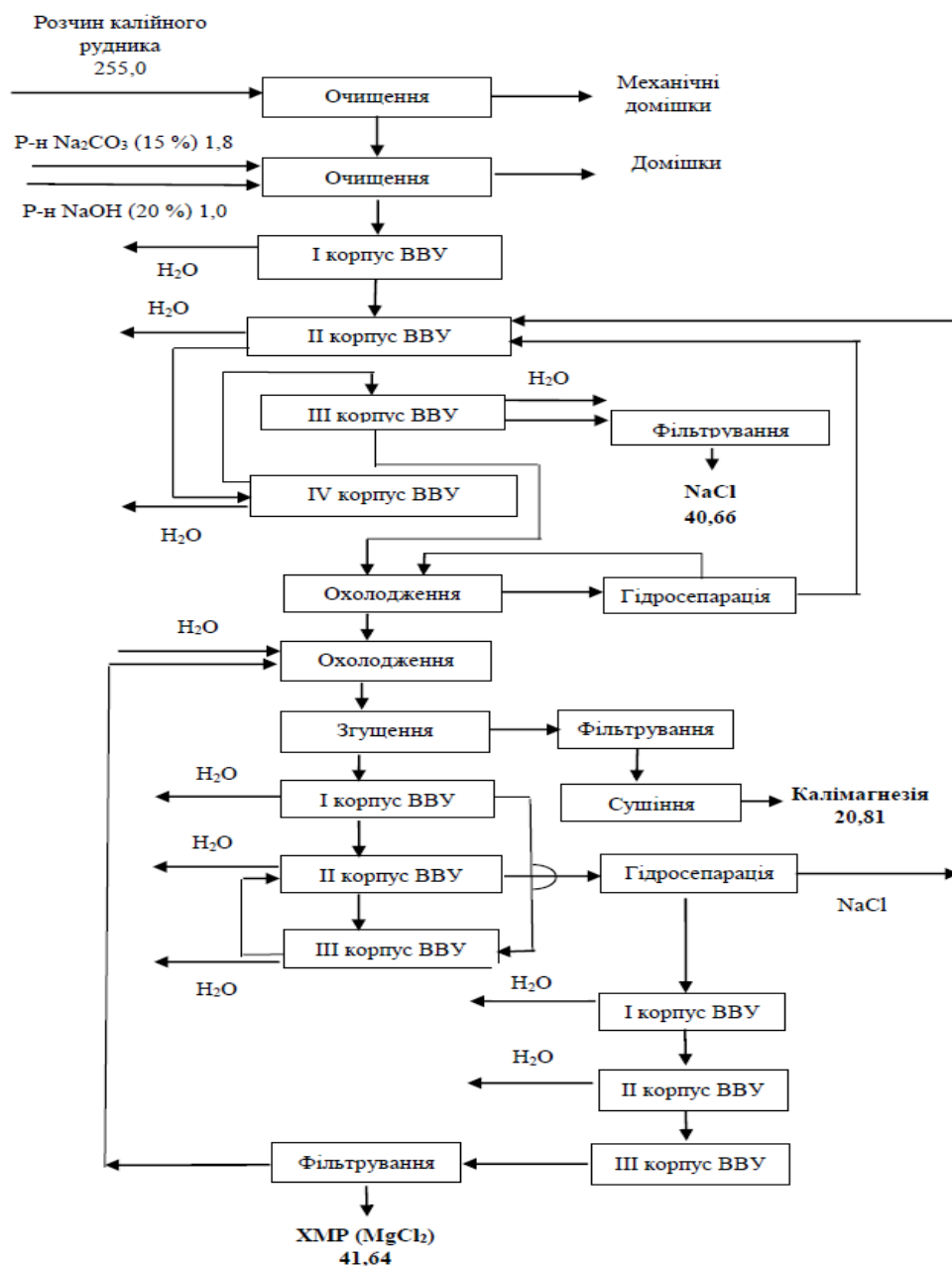


Рис. 2. Принципова технологічна схема перероблення солевих розчинів Домбровського кар'єру

**Висновки.** В результаті виконаних робіт встановлено, що наявність у складі полімінеральних калійних руд Прикарпаття важко- і легкорозчинних мінералів, (до 30 % лангбейніту, 10 % кізериту, 5 % полігаліту), до 20–30 % глини, низька ефективність існуючих раніше технологій перероблення, а також невисока якість сульфатних калійно-магнієвих добрив зумовлює необхідність впровадження нової удосконаленої технології їх перероблення. Причиною неефективної роботи зупинених калійних виробництв була недостатня перевіреність використаних технологій: галургійної та флотаційної. Нова технологія включає частину відпрацьованих у промислових і дослідно-промислових умовах процесів, а також нові процеси очищення помеленої руди від глинистих домішок, прискорену гідратацію повільно розчинних мінералів, конверсію насиченого розчину із вторинними калійно-магнієвими солями, випарювання розчинів на другій і третій стадіях. Собівартість калімагnezії із полімінеральної калійної руди становить 238,6 \$, орієнтовний термін окупності капітальних вкладень (300 млн \$) – 4 роки. Собівартість калімагnezії із нагромаджених розсолів становить 237,5 \$, термін окупності капітальних вкладень (200 млн \$) – 5 років.

### Список використаних джерел:

1. Справочник по удобрениям. Под ред.. Э.В. Брицке и Л.Л. Балашева. Л.: Госхимтехиздат. 1933.- 899 с.
2. Enzyklopädie der technischen Chemie. Herausgeben von Dr. Erte Ullmann. Bd. 6. Nr. 24. Berlin 1930.- 844 S.
3. Грайнер Ю. Виробництво калійних солей в Польщі. Переклад з польської. Львів, 1938.- 40 с.
4. Яворський В.Т., Блажівський К.І. Історія хімічної, хіміко-технологічної освіти і науки у Львівській політехніці. Львів, В-во Львівської політехніки, 2011.- 164 с.
5. D. Längauer. O Siarchanie potasu z naszych złoŹ solnych // Przegląd gorniczo-hutniczy. 1935. 27. Nr 1-2, S. 16-36.
6. Луныкова Ю.Н., Хабер Н.В. Производство концентрированных калийных удобрений из полиминеральных руд. Киев, Техника, 1980. – 158 с.
7. Переработка природных солей и рассолов. Справочник. Под ред.. И.Д. Соколова. Л., Химия, 1985. – 209 с.
8. Гребенюк Д.В. Переработка лангбейнитовых руд с целью получения бесхлорных калийных удобрений: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.17.01 / Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова. – Минск, 1986. – 17 с.
9. Марусяк Р.О. Калійна промисловість України, стан і перспектива. / Хімічна промисловість України, 1995. № 2, с. 3-9.
10. Костів І.Ю., Карпець М.В. Нагромаджені сольові розчини калійних копалень. Технологія їх перероблення Науковий вісник ІФНТУНГ. - 2008. №2(18). – Р. 12-16. ISSN 1993-9965.
11. Хацевич О.М., Костів І.Ю., Хабер М.В. Полімінеральні калійні руди Прикарпаття. Нова технологія переробки // Хімічна промисловість України. – 2005. – № – 4. – С. 3-7.
12. Хацевич О.М., Костів І.Ю. Дослідження процесу конверсії лангбейніту і кізериту з хлоридмагнієвим розчином // Вісник національного університету «Львівська політехніка». “Хімія, технологія речовин та її застосування”. – 2005. – № 536. – С. 155-160.
13. Самборська М.І. Одержання безхлоридного калійного добрива сульфатною конверсією калійно-магнієвих руд// Івано-Франківськ, 2016.- 175 с.
14. Хацевич О.М., Артус М.І., Костів І.Ю. Технологія безхлоридного калійного добрива конверсією мірабіліту з калію хлоридом у хлоридмагнієвому розчині // Хімічна промисловість України. – 2015. – № – 3. – С. 37-41.
15. Artus M., Kostiv I. Kinetics of langbeinite conversion into schenite in the presence of mirabilite, sylvine and water / Chem. Chem. Technol. - 2014, Vol. 8, No. 4. - P. 456-459.
16. Kostiv I.Y., Basystiuk Y.I. Crystallization of Kainite from Solutions in System  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  //  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ - $H_2O$  / J Chem Eng Process Technol. - 2016. V. 7., Issue 3. – P. 1-3. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7048.1000298>
17. Artus M., Kostiv I. Conversion of Langbeinite and Kieserite in Schoenite With Mirabilite and Silvite in Water and Schoenite Solution / J Chem Eng Process Technol. – 2015. V. 6., Issue 2. – P. 1-3. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7048.1000225>
18. Kostiv I., Basystiuk Y. Kinetics of schoenite crystallization from the suspension of saturated solution and artificial kainite / Chem. Chem. Technol., 2017. - Vol.11, No. 3. - P.296-300. <https://doi.org/10.23939/chcht11.03.296>



## АПРОБАЦІЯ МОБІЛЬНИХ ПРЯМОШУКОВИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ГЛУБИННОЇ БУДОВИ ЗЕМЛІ І ПОШУКАХ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

**Якимчук М.А.<sup>1</sup>**, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;

**Корчагін І.М.<sup>2</sup>**, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна,

2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Представлені результати рекогносцирувальних досліджень в Україні, виконаних з метою розробки методики застосування мобільних прямопошукових методів на різних етапах геолого-розвідувальних робіт на рудні і горючі корисні копалини та воду. Виявлені на території України вулканічні споруди свідчать про важливий внесок вулканічних процесів на Землі у формування зовнішнього вигляду планети, а також генезис корисних копалин різного типу. Результати робіт на площі у Вінницькій області ще раз підтвердили прогнози дослідників щодо можливості виявлення промислових скопчень ВВ на Українському щиті. На обстеженій площі в області виявлено також базальтовий вулкан з воднем та живою водою. Прямопошукова технологія може знайти застосування при пошуках та локалізації кімберлітових порід та оцінки перспектив виявлення в їх межах алмазів. Отримано додаткові факти на користь вулканічної природи Іллінецького кратера: корінь вулкана з ультрамафічними породами визначено на глибині 723 км. Обстеження кар'єрів на відомих золоторудних родовищах показало, що вони формуються лише в межах «молодих» гранітних вулканів з коренями на глибині 470 км. Наведені матеріали апробації прямопошукових методів свідчать про доцільність їх практичного застосування (в комплексі з традиційними геофізичними методами) на різних етапах геологорозвідувальних робіт на рудні і горючі корисні копалини, а також при вивченні глибинної будови Землі.

## APPROBATION OF MOBILE DIRECT-PROSPECTING METHODS DURING EARTH DEEP STRUCTURE STUDYING AND MINERALS SEARCHING ON UKRAINE TERRITORY

**Yakymchuk M. A.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;

**Korchagin I. M.<sup>2</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine,

2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine

The results of reconnaissance studies in Ukraine, carried out with aim of developing a methodology for the mobile direct-prospecting methods using at various stages of geological exploration for ore and combustible minerals and water, are presented. Volcanic structures discovered on the Ukraine territory testify to the important contribution of volcanic processes on Earth to the formation of the planet appearance, as well as various minerals genesis. The results of work in Vinnytsia region area once again confirmed the researchers' forecasts regarding the possibility of industrial hydrocarbons accumulations detecting on Ukrainian shield. A basalt volcano with hydrogen and living water was also discovered on the surveyed area in the region. Direct-prospecting technology can find application in the search and localization of kimberlite rocks and the assessment of prospects for diamonds discovering within them. Additional facts were obtained in favor of volcanic nature of the Illinets crater: the root of volcano with ultramafic rocks was determined at a depth of 723 km. Examination of quarries at known gold ore deposits showed that they are formed only within the limits of "young" granite volcanoes with roots at a depth of 470 km. The given materials of direct-prospecting methods approbation testify to the expediency of their practical application (in combination with traditional geophysical methods) at various stages of geological prospecting for ore and combustible minerals, as well as the deep structure of the Earth studying.

**Вступ.** В Українській морській антарктичній експедиції 2018 р. для вивчення глибинної будови та пошуків скопчень вуглеводнів у районах проведення досліджень цілеспрямовано використовувалися мобільні прямопошукові методи [6]. Результати застосування цих методів в експедиції продемонстрували їхню працездатність, ефективність та доцільність подальшого практичного використання для вирішення різноманітних геологічних задач. В 2019-2023 роках апробація цих методів активно проводилася у різних регіонах земної кулі. Матеріали багатьох експериментальних робіт різного характеру представлені в опублікованих статтях та збірниках конференцій [6-9]. В даному повідомленні наводяться матеріали обстеження ділянок на території України, перспективних для пошуків рудних корисних копалин.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової технології, що включає

модифіковані методи частотно-резонансної обробки і декодування супутникових знімків і фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу і методики інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудоносності) великих пошукових блоків і локальних ділянок [6]. В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід (<http://rockref.vsegei.ru/petro/>), мінералів і хімічних елементів. Особливості та можливості використаних методів, а також методика проведення вимірювань описані більш детально в [6-9].

**Ділянки рекогносцирувального обстеження в Україні. Липовеньківсько-Сухоташлицька ділянка ореолів золота.** Супутниковий знімок ділянки обстеження (рис. 1) підготовлено для обробки з використанням графічних матеріалів статті [4].

При частотно-резонансній обробці знімка сигнали на частотах золота зафіксовані (хоча слабкої інтенсивності). Відгуки від нафти, конденсату, газу, графіту, водню, води, алмазів та солі не зареєстровані, від мертвої води сигнал отримано. Зареєстровані сигнали без затримки від 1, 2 та 4 груп магматичних порід, відгуки від осадових порід відразу не отримані.

Фіксацією відгуків різних глибинах (50, 150, 450, 550, 995, 996 км), корінь каналу (вулкана) гранітних порід визначено на глибині 996 км. На поверхні 400 км отримано відгуки від 5, 7 і 8 зразків гранітів (молодих), а на поверхні 600 км – лише з 12-19 зразків (старих). Отже, ділянка обстеження розташована в межах старого та молодого гранітних вулканів.

Скануванням розрізу з поверхні, кроки 1 см і 5 см, відгуки на частотах золота отримані з інтервалу 49-(80-інтенсивний)-99 м. Глибше сканування здійснювалося з кроком 10 см до 200 м і кроком 50 см до 500 м, проте відгуки золота у цьому інтервалі не отримані.

Відгуки від золота отримані з нижньої частини розрізу на поверхнях 500 і 600 м, а на поверхні 700 м – сигнали були відсутні. Сканування розрізу з 500 м, крок 50 см, зафіксований другий інтервал відгуків від золота: 590-600-(інтенсивний)-650 м.

З поверхні зафіксовані сигнали від наступних хімічних елементів: цинк, галій, германій, ртуть, талій, свинець, вісмут, полоній.

**Територія Теплицького та Бершадського районів Вінницької області.** З використанням графічних ілюстрацій із статті [2] для проведення експериментів підготовлено супутниковий знімок ділянки обстеження – рис. 2.

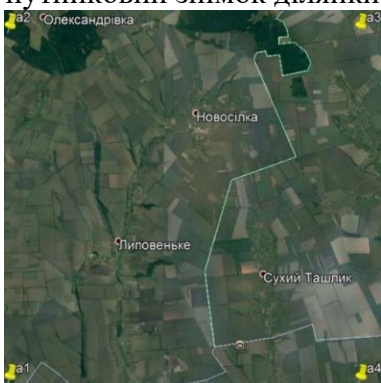


Рис. 1. Супутниковий знімок Липовеньківсько-Сухоташлицької ділянки ореолів золота

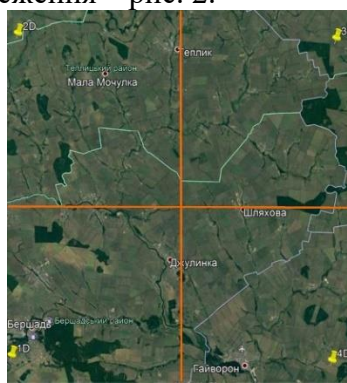


Рис. 2. Супутниковий знімок ділянки з фрагментами території Теплицького та Бершадського районів Вінницької області

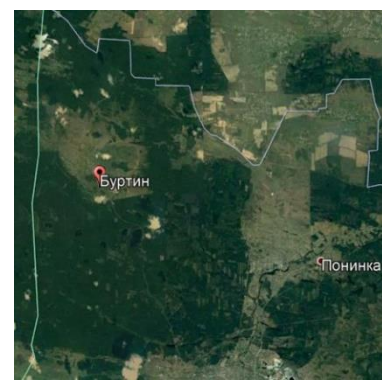


Рис. 3. Супутниковий знімок ділянки обстеження у районі н. п. Буртин (Хмельницька область)

При частотно-резонансній обробці знімка ділянки (рис. 2) із поверхні відгуки на частотах золота не зафіксовано?! Не отримано сигнали від золота на поверхні 59 км! Це перша несподіванка. У статті [2] наводиться інформація про виявлені ореоли золота геохімічною зйомкою!

З поверхні зафіксовано сигнали від нафти, конденсату, газу, бурштину, горючого сланцю, брекчії аргілітової, газогідратів, льоду, вугілля, антрациту, води глибинної та мертвої, бурого

вугілля (два типи), лонсдейліту, солі калій-магнієвої та солі. Це друга несподіванка! Такі результати свідчать про наявність в межах цієї площі глибинного вулкана осадових порід (на УЩ!).

Подальші інструментальні вимірювання підтвердили це: з поверхні зафіксовано відгуки від 1-6 груп осадових порід, а також 1-10 груп магматичних. Фіксацією відгуків від різних груп порід на різних глибинах визначено глибини коренів наступних вулканів: 1) 1-6 група осадових порід – 470 км; 2) граніти – 470 км; 3) сіль – 723 км; 4) 7-а група магматичних (ультрамафічних) порід – 723 км.

Сигнали від золота з гранітів не отримані з поверхні та на глибині 59 км.

Відгуки від нафти з гранітів і солі не зафіксовані, а з другої групи осадових порід зареєстровані. Отримано також сигнали від нафти з 7-ої групи магматичних порід з поверхні, а також на глибині 57 км.

Фіксацією відгуків на різних глибинах встановлено, що верхній край ультрамафічних порід розташований в інтервалі глибин 4.7-4.8 км. На поверхні 4.7 км із верхньої частини розрізу отримані відгуки від гранітів та солі. Верхня кромка цих порід розташована в інтервалі 300-400 м. Скануванням розрізу з 300 м, крок 5 см відгуки від солі почали фіксуватися з 347 м.

Від зразка гранітів 16 (старі) відгуки почали фіксуватися в інтервалі 16-17 км. Скануванням розрізу з 16 км, крок 50 см відгуки від 16 зразка почали фіксуватися з 16.070 км та простежені з кроками 1 м та 10 м до 22.800 км.

Скануванням розрізу з 4.7 км, крок 10 см відгуки від нафти з ультрамафічних порід отримані з наступних інтервалів: 1) 4718 - на крок 1 м -5340 м; 2) 5610-(6550-інтенсивний)-6970 м; 3) 8290-9630 м (до 10 км. простежено).

З інтервалу 6970-8290 м (відсутність нафти) отримані відгуки від гранітів.

Відгуки від нафти з осадових порід зафіксовані на поверхні 57 км.

Скануванням розрізу з 4.7 км, крок 10 см відгуки від нафти з 2-ї групи осадових порід отримані з інтервалів: 1) 4715-(інтенсивний)(4770-інтенсивний)(4780-дуже інтенсивний)(4-інтенсивний)(інтенсивний) )(5000-інтенсивний)(5220-інтенсивний)-5373 м, на крок 1 м; 2) 5480-6385 м; 3) 7050-(7770-інтенсивний)-8845 м; 4) 9430-10150 м (до 10200 м простежено).

Скануванням розрізу, крок 10 см, відгуки від гранітів зафіксовані з 8 м.

Для попередньої локалізації виявлених вулканічних комплексів знімок ділянки обстеження (рис. 2) було розбито відрізками на чотири окремі фрагменти, частотно-резонансна обробка яких проведена окремо.

*Фрагмент 1 (північний захід).* З поверхні зафіксовані відгуки від алмазів, солі, осадових порід 1, 2, 3 груп, а також 1, 2, 3, 4, 5, 11 груп магматичних. Корінь гранітного каналу зафіксовано на глибині 996 км. На поверхні 470 км отримано відгуки лише від «старих» зразків гранітів. Сигнали від кімберлітів зафіксовані в інтервалі 11-12 км.

*Фрагмент 2 (північний схід).* З поверхні зареєстровані відгуки від нафти, конденсату, газу, бурштину, горючого сланцю, брекчії аргілітової, газогідратів, льоду, вугілля, антрациту, води глибинної (слабкий), води мертвої, солі, осадових порід 1-6 груп і магматичних порід 1-ої групи (граніти) (із затримкою). Фіксацією відгуків на різних глибинах корінь соляного вулкана визначено на глибині 470 км, а 1-6 груп осадових порід – на 723 км.

*Фрагмент 3 (південний захід).* З поверхні зафіксовані відгуки від лонсдейліту, солі калійно-магнієвої, осадових порід 7-9 груп та магматичних порід 1-5, 7-8 груп.

Фіксацією відгуків на різних глибинах корені вулканів 7-ї групи (вапняки) та 8-ї групи (доломіти) осадових порід встановлені на глибині 470 км, а 7-ї групи магматичних (ультрамафічних) порід – на 723 км. З поверхні із затримкою зафіксовані сигнали на частотах нафти з вапняків, а також із 7-ї групи магматичних порід.

*Фрагмент 4 (південний схід).* При обробці фрагмента знімка з поверхні зафіксовані сигнали від водню, глибинної води, солі, осадових порід 8, 9, 10 груп і магматичних порід 1, 2, 3, 4, 5, 6 груп.

Корені вулканів 8-ої групи (доломіти) та 9-ої групи (мергелі) осадових порід визначено на глибині 470 км. Корінь базальтового вулкана зафіксовано в інтервалі 95-96 км. Верхня кромка

базальтів скануванням розрізу з поверхні крок 1 м зафіксована на глибині 240 м. Відгуки простежені до 25 км. Сигнали від 1-6 групи магматичних порід (граніти) зафіксовані в інтервалі від поверхні до 6.275 км.

Відгуки від водню при скануванні з 240 м почали фіксуватися з 250 м.

На поверхні 240 м з верхньої частини розрізу зафіксовано відгуки від доломітів та мергелів, від води та водню відгуки з верхньої частини розрізу не отримані!

Сигнали від води при скануванні розрізу почали фіксуватися з 243 м, а відгуки від води з базальтів (у тому числі й дуже інтенсивні) – з 260 м. Фіксацією відгуків на різних глибинах нижня кромка 10-ої групи осадових порід встановлена в інтервалі 53-54 км.

*Ділянка кар'єру.* У статті [2] наводиться супутниковий знімок ділянки розташування занедбаного кар'єру в районі н.п. Чернятка. Під час обробки знімка ділянки зафіксовано відгуки від 1-6, 7-10 груп осадових порід, Корінь вулкана, заповненого вапняками, визначено на глибині 470 км. На поверхні 57 км з великою затримкою отримано сигнали від нафти.

**Локальні ділянки обстеження у Хмельницькій області.** Мета робіт – підтвердження прогнозу наявності у цьому районі області покладів графіту, урану та апатитів.

*Перша ділянка розташована* у районі населеного пункту Буртин у Полонському районі (рис. 3). З поверхні при обробці знімка (рис. 3) зафіксовано сигнали від вуглецю, радону, від урану та солі відгуків не отримано. На ділянці зареєстровані відгуки від 1, 2 та 4 груп магматичних порід, від осадових порід сигнали не отримані.

Фіксацією відгуків на різних глибинах корінь гранітного вулкана визначено на глибині 470 км. В інтервалі гранітів зафіксовані сигнали лише від 2-9 зразків молодих гранітів, від зразків 11-19 старих гранітів відгуки не отримані.

З поверхні не отримано відгуків від ВВ (нафта, конденсат, газ), водню, води, мертвої води. На частотах зразків бурого вугілля з області Амурської сигнали зафіксовані.

Від зразка графіту відгуки з нижньої частини розрізу фіксувалися на поверхнях 0, 1, 2 км, а на поверхнях 2.5 і 3 км сигнали вже були відсутні. Отже, нижня межа прогнозованих покладів графіту перебуває у інтервалі глибин 2-2.5 км.

На поверхні 2.5 км зареєстровані також відгуки радону, а від урану сигнали були відсутні з нижньої і верхньої частин розрізу.

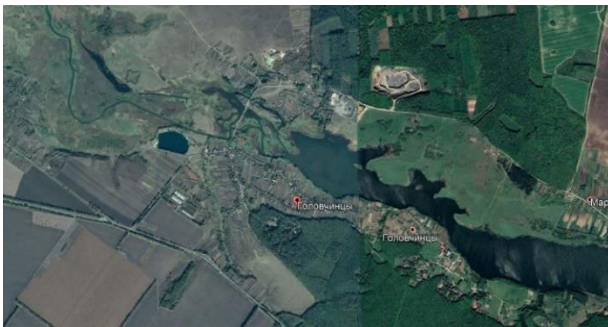


Рис. 4. Супутниковий знімок ділянки обстеження у районі н. п. Головчинці (Хмельницька область).



Рис. 5. Супутниковий знімок Волинської та Рівненської областей України.

*Друга ділянка обстеження* розташована в районі с. Головчинці у Летичівському районі (рис. 4). Під час обробки знімка ділянки (рис. 4) на частотах зразків апатитів та фосфатів відгуки зафіксовані з поверхні. При цьому відгуки тільки зразка фосфатів були відсутні, а від апатитів отримані. З поверхні не зафіксовано відгуків від ВВ, бурштину, вугілля, водню, води, мертвої води, солі калій-магнієвої та осадових порід. Отримано сигнали від 7, 8, 9 та 10 груп магматичних порід. Фіксацією відгуків на різних глибинах корінь вулкана, заповненого 7-ою групою магматичних порід, визначено на глибині 723 км.

**Пошуки кімберлітів на території України.** На рис. 5 представлено супутниковий знімок Волинської та Рівненської областей, на території яких проводились дослідження з метою



інтегральної оцінки перспектив виявлення горючих та рудних корисних копалин, у тому числі алмазів. Аномальні відгуки на частотах алмазів зафіксовано на півночі областей.

Дослідження детального характеру було проведено на локальній ділянці на Рівненщині. На обстеженій площі у цьому районі виявлено два локальні об'єкти, у межах яких фіксувалися відгуки на частотах кімберлітів та алмазів. Оцінки глибин розташування верхніх кромek прогнозованих кімберлітових каналів із включеннями алмазів не перевищують 100 м. Виявлені локальні об'єкти заслуговують на детальне вивчення та розбурювання.

До цього необхідно додати, що в районі н.п. Кухотська Воля на Рівненщині було виконано значний обсяг геолого-геофізичних досліджень з метою пошуків кімберлітів та алмазів. У межах перспективних об'єктів в цьому районі можна провести дослідження з використанням частотно-резонансної технології обробки супутникових знімків.

**Іллінецький кратер.** При частотно-резонансній обробці супутникового знімка Іллінецької структури (рис. 6) з поверхні не зафіксовано відгуків від ВВ (нафти, конденсату, газу), бурштину, горючого сланцю, аргілітової брекчії, газогідратів, водню, води, алмазів, солі калій-магнієвої; від мертвої води сигнали отримані.

Не зареєстровані відгуки від осадових порід. Отримано лише сигнали від 7-ої групи магматичних (ультрамафічних) порід. Фіксацією відгуків на різних глибинах корінь каналу (вулкану), заповненого ультрамафічними породами, визначено на глибині 723 км.

Зазначимо ще раз, що з поверхні при обробці знімка структури відгуки від алмазів та кімберлітів не отримані, а сигнали від лонсдейліту [3] зареєстровані!

Скануванням розрізу з 50 см, крок 50 см, відгуки від лонсдейліту отримані в інтервалі: 1) 300-(400-інтенсивний)-610 м. Відгуки від цього мінералу фіксувалися також з нижньої частини розрізу на поверхнях 1 км, 5, 10, 20, 23 км; сигнали від лонсдейліту не отримані на глибинах 24, 25, 30, 50, 80, 90 та 100 км. При скануванні розрізу з поверхні, крок 50 см, сигнали від ультрамафічних порід почали фіксуватися з 80 м.



Рис. 6. Супутниковий знімок ділянки з Іллінецьким кратером [5]

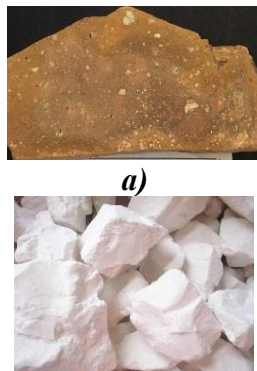


Рис. 7. Фотографія зразків імпаکتиту (а) і каоліну (б)



Рис. 8. Супутниковий знімок ділянки з кар'єром каолінових глин у Житомирській області (Україна)

З поверхні отримані відгуки на частотах наступних хімічних елементів: цинк, галій, талій, свинець, вісмут (інтенсивний сигнал), полоній.

Під час проведення додаткової частотно-резонансної обробки фотознімка ділянки (рис. 6) з поверхні зафіксовано також відгуки від імпаکتиту (зразка на рис. 7а) та зювіту. Відгуки від ультрамафічних порід зафіксовані на глибинах 450 км та 723 км (корінь вулкана). А сигнали від зразка імпаکتиту (рис. 7а) зареєстровані на глибинах 450 км та 722 км (на 22 с).

**Кар'єр каолінових глин в Житомирській області.** Під час проведення експериментів використовувався зразок каолінової глини, представлений на рис. 7б. Супутниковий знімок району розташування відомого кар'єру каолінів у Житомирській області показано на рис. 8. При частотно-резонансній обробці цього знімка отримані сигнали тільки від 8-ої групи осадових

порід, від магматичних порід відгуки були відсутні. З поверхні зафіксовані також відгуки на частотах зразка каолінів на рис. 76.

Фіксацією відгуків на різних глибинах (50, 150, 250, 350, 450, 470 км) корінь вулкана (каналу), заповненого 8-ою групою осадових порід (доломіти), визначено на глибині 470 км.

**Обговорення результатів та коментарі.** Виявлені вулканічні споруди на площах та ділянках обстеження в Україні свідчать про принципово важливий внесок вулканічних процесів на Землі у формування зовнішнього вигляду та глибинної будови планети, а також генезис (синтез) різних корисних копалин та утворення їх скупчень у промислових (комерційних) обсягах у верхніх горизонтах розрізу.

Результати рекогносцирувальних робіт на площі у Вінницькій області ще раз підтвердили прогнози дослідників щодо можливості виявлення промислових скупчень ВВ на Українському щиті. У північно-східній частині площі обстеження виявлено соляний вулкан із коренем на 470 км та осадових порід 1-6 груп із коренем на 723 км. З поверхні тут зареєстровані відгуки від нафти, конденсату, газу, бурштину (інтенсивний) тощо.

У південно-східній частині блоку обстеження на щиті в Вінницької області виявлено базальтовий вулкан. Корінь базальтового вулкана зафіксовано в інтервалі 95-96 км. У межах цього фрагмента блоку доцільно провести дослідження детального характеру з метою локалізації ділянки, перспективної на виявлення цілющої, збагаченої воднем води.

Виконані експериментальні дослідження з метою вивчення глибинної будови кімберлітових трубок, а також виявлення кімберлітових каналів та фіксація сигналів (відгуків) на резонансних частотах алмазів в районах розташування ряду вулканічних комплексів дають підстави для припущень, що алмазів у Землі істотно більше, ніж прийнято вважати з позицій сучасних уявлень про їх генезис та розміщення родовищ.

Результати рекогносцирувального обстеження ділянок розташування великих родовищ золота у світі [1] свідчать, що відгуки на резонансних частотах золота фіксуються лише у гранітних вулканах з коренями на глибині 470 км («молодих» вулканах). У гранітних вулканах тільки з коренями на глибині 996 км відгуки на частотах золота не фіксувалися жодного разу. Зазначимо також, що під час проведення додаткових інструментальних вимірювань на золоторудних родовищах із поверхні зареєстровані сигнали на частотах іридію, осмію, нікелю і золота. На поверхні 59 км також зареєстровані відгуки від іридію, осмію, нікелю, золота та платини.

Отримано додаткові факти на користь вулканічної природи Іллінецького кратера: корінь вулкана з ультрамафічними породами визначено на глибині 723 км.

Заслугує на увагу проблема вивчення зв'язку процесів рудної мінералізації з вулканічними спорудами різного віку. Якщо такий зв'язок буде встановлено, то надалі цю закономірність можна використовувати як пошукові ознаки рудної мінералізації певного типу.

Наведені матеріали апробації прямопошукових методів свідчать про доцільність їх практичного застосування (в комплексі з традиційними геофізичними методами) на різних етапах геологорозвідувальних робіт на рудні і горючі корисні копалини, а також при вивченні глибинної будови Землі.

### **Список використаних джерел:**

1. Десять (10) крупнейших золотых месторождений в мире.  
<https://goldenfront.ru/articles/view/10-krupnejshih-zolotykh-mestorozhdenij-v-mire/>
2. Ентин В. А., Гинтов О. Б., Мычак С. В., Бельский В. Н., Гейко Ю. В., Поляченко Е.Б., Гуськов С. И., Марченко А. В. «Великая» дайка Побужья. Геофизический журнал № 4, Т. 41, 2019. С. 77-96. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177368>
3. Минерал Лонсдейлит — почти алмазная копия — источник:  
<https://jgems.ru/interesnoe/lonsdejlit>
4. Павлюк В.Н., Ентин В.А., Гинтов О.Б., Гуськов С.И. О перспективах поисков месторождений золота в Голованевской шовной зоне Украинского щита. Геофизический журнал. 2019. Т. 41, № 5. С. 87-104.



5. Спутниковый снимок. <http://labmpg.sscc.ru/a77.html>

6. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

7. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62, Часть V. Геоінформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.

8. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Украинский щит: новые данные о глубинном строении и перспективах обнаружения залежей нефти, газоконденсата, газа и водорода. Геоінформатика. 2019. № 2. С. 5-18.

9. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности отдельных блоков Украинского щита по результатам частотно-резонансного зондирования разреза. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 5-18.

## **ВПЛИВ ТАРИФНОЇ ПОЛІТИКИ В ГАЗОПОСТАЧАННІ НА ІНФОРМАЦІЙНУ ТА СОЦІАЛЬНУ БЕЗПЕКУ В СУЧАСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ**

*Гораль Л.Т., д. екон. н., професор, liliana.goral@gmail.com;  
Шекета В.І., д. екон. н., професор, vasyi.sheketa@nung.edu.ua;  
Шийко В.І., к. екон. н., доцент, vnkshiyko@gmail.com;*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Розглянуто ключові аспекти впливу тарифної політики в газопостачанні на інформаційну та соціальну безпеку в сучасному суспільстві. Починаючи з аналізу критеріїв впливу тарифної політики, розглянуто фактори, які визначають формування тарифів у газовому секторі. Послідовно досліджується вплив тарифної політики на інформаційну безпеку, зокрема розглядається взаємозв'язок між тарифами та доступністю інформації, а також аналізується вплив тарифів на інформаційні потреби суспільства. В контексті соціального впливу, стаття оцінює вплив тарифів на населення та розглядає можливості соціальної компенсації в умовах змін тарифів. Надано практичні рекомендації для формування тарифної політики в газопостачанні з урахуванням інформаційної та соціальної безпеки.

Ключові слова: газопостачання, тариф, інформаційна безпека, соціальна безпека

## **IMPACT OF TARIFF POLICY IN GAS SUPPLY ON INFORMATIONAL AND SOCIAL SECURITY IN MODERN SOCIETY**

*Horall L., Dr. Sci. (Econ.), Professor, liliana.goral@gmail.com;  
Sheketa V., Dr. Sci. (Econ.), Professor, vasyi.sheketa@nung.edu.ua;  
Shyiko V., Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, vnkshiyko@gmail.com;  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The paper explores key aspects of the impact of tariff policy in gas supply on informational and social security in contemporary society. Starting with an analysis of criteria influencing tariff policy, the study examines factors determining tariff formation in the gas sector. The paper systematically investigates the influence of tariff policy on informational security, specifically addressing the correlation between tariffs and information accessibility. Additionally, it analyzes the impact of tariffs on societal information needs.

In the context of social impact, the article assesses the effects of tariffs on the population and explores possibilities for social compensation amid tariff changes. Practical recommendations are provided for shaping tariff policy in gas supply, emphasizing considerations for both informational and social security. This research aims to contribute not only to theoretical understanding but also to offer concrete guidance for enhancing tariff policies, fostering a more secure and efficient energy environment for contemporary society.

Keywords: gas supply, tariff, informational security, social security

У сучасному світі, де енергетична безпека та стійкість суспільства стають стратегічно важливими завданнями, тарифна політика в газопостачанні виявляється ключовим інструментом формування не лише економічних, але й соціальних та інформаційних аспектів сучасного громадянського життя. Питання забезпечення стабільних та справедливих тарифів у газовій галузі має прямий вплив на кожного громадянина та на ефективність функціонування суспільства в цілому. Зростання вартості енергоносіїв, включаючи газ, а також зміни в економічній та політичній ситуації в світі, роблять тарифну політику у газопостачанні предметом постійного уваги та дискусій. При цьому важливо розглядати цю проблему не тільки з економічного боку, але й у контексті впливу на інформаційну та соціальну безпеку [1-6].

Вплив тарифної політики в газопостачанні на інформаційну та соціальну безпеку в сучасному суспільстві є комплексним і багатогранним явищем. Розуміння ключових аспектів цього впливу є важливим для розробки ефективних стратегій та політик, спрямованих на забезпечення стабільності та безпеки в енергетичному секторі. Їх аналіз дозволяє створити та розвивати тарифну політику, яка враховує інтереси різних груп населення, підтримує економічну стійкість та забезпечує інформаційну та соціальну безпеку громадян.

Перший ключовий аспект, який варто розглянути, це визначальні фактори та процеси, які впливають на формування тарифів у газовому секторі. Під таким впливом можуть бути економічні та геополітичні чинники, природні ресурси, технологічний прогрес та інші аспекти.

Ретельний аналіз цих факторів дозволить розуміти, яким чином тарифна політика впливає на економічну стійкість газопостачання [5].

Ефективна тарифна політика повинна забезпечувати економічну стійкість у газопостачанні. Вона повинна враховувати не тільки поточні економічні умови, але й забезпечувати сталість та прогнозованість для інвесторів та енергетичних компаній. Це, в свою чергу, впливає на загальну економічну ситуацію країни та сприяє економічній безпеці. Тарифи в газопостачанні можуть впливати на доступність інформації для споживачів. Високі або непрозорі тарифи можуть створювати бар'єри для розуміння споживачами вартості газу та можливостей економії. Важливо враховувати рівень прозорості інформаційного середовища, пов'язаного з тарифною політикою. Чим більше інформації доступно для громадськості, тим більшою буде їхня інформованість і участь у формуванні обґрунтованого відношення до тарифів [6].

Тарифна політика в газопостачанні може впливати на рівень життя населення. Важливо аналізувати, як ці тарифи впливають на соціальну структуру та чи не створюють додаткових фінансових труднощів для громадян. Оцінка можливостей соціальної компенсації в умовах змін тарифів є ключовим аспектом соціального впливу тарифної політики. Вона дозволяє виробити механізми для захисту вразливих соціальних груп.

Впровадження нових тарифних політик може створювати ризики для інформаційної безпеки [4]. Це може бути пов'язано із збільшенням обсягу обробки інформації та ризиком її несанкціонованого використання. Забезпечення заходів щодо запобігання інформаційним загрозам у сфері газопостачання є необхідністю. Це стосується як технічних заходів, так і розвитку відповідної правової бази.

Аналітичний огляд взаємозв'язку між рівнем тарифів та соціальною стабільністю в суспільстві дозволяє визначити можливі ризики та переваги для різних соціокультурних груп. Розгляд соціальних наслідків різних стратегій тарифної політики допомагає врахувати потреби різних соціальних груп та розвивати підходи, спрямовані на збереження соціальної стабільності.

Тарифна політика в газопостачанні має значущий вплив на інформаційну безпеку суспільства. Цей вплив проявляється у взаємозв'язку між встановленими тарифами та доступністю інформації для різних груп зацікавлених сторін. Аналіз цього взаємозв'язку дозволяє розуміти, як тарифна політика може впливати на інформаційні потреби суспільства та визначати його рівень інформованості [3]. Високі тарифи часто призводять до виникнення бар'єрів для доступу до інформації про газові послуги. Споживачі, стикаючись із значними витратами, можуть виявляти менший інтерес до пошуку та використання інформації про ефективність витрат газу, технології енергозбереження та інші важливі аспекти. Прозорість інформаційного середовища є ключовою умовою для забезпечення доступності та зрозумілості інформації про тарифи. Забезпечення доступу до чіткої та об'єктивної інформації сприяє формуванню свідомого споживача, який може ефективно управляти своїми енергетичними витратами.

Тарифна політика повинна враховувати різноманітність інформаційних потреб різних верств населення та галузей економіки. Наприклад, промислові споживачі можуть зацікавлені в іншій інформації, ніж домогосподарства чи малий бізнес. Зміни в тарифній політиці можуть викликати зміни в інформаційних потребах суспільства. Наприклад, впровадження нових тарифів може вимагати акценту на інформаційних кампаніях або навчальних програмах для споживачів.

Вплив тарифної політики на інформаційну безпеку суспільства є складним і вимагає системного підходу. Зрозуміння взаємозв'язку між тарифами та доступністю інформації, а також аналіз впливу тарифів на інформаційні потреби суспільства є критичним для розробки ефективної тарифної політики, яка враховує інтереси та потреби різних груп населення. Тільки враховуючи ці аспекти, можна забезпечити не лише стабільність в енергетичному секторі, але й інформаційну безпеку громадян.

Практичні рекомендації для формування тарифної політики з урахуванням інформаційної та соціальної безпеки є важливими з кількох причин. По-перше тарифна політика напряму

впливає на стабільність газопостачання та забезпечення енергетичної безпеки. Оптимальні тарифи дозволяють забезпечити необхідні фінансові ресурси для інфраструктурних проєктів та обслуговування системи. По-друге врахування соціальних аспектів у тарифній політиці дозволяє запобігти соціальним нерівностям та забезпечити справедливий доступ до енергетичних ресурсів для різних верств населення. По-третє врахування інформаційної безпеки допомагає забезпечити прозорість та доступність інформації про тарифи, уникнення маніпуляцій та сприяє ефективному взаємодії між споживачами та постачальниками. Розробка тарифної політики з урахуванням інформаційних та соціальних аспектів стимулює впровадження новітніх технологій та ефективних практик у газопостачанні, що сприяє інноваційному розвитку сектора. Здатність постачальників газу та регуляторів ефективно взаємодіяти з громадськістю та розуміти її потреби впливає на рівень громадської довіри. Інформовані споживачі та соціально справедлива політика сприяють підвищенню цієї довіри. Врахування інформаційної та соціальної безпеки в тарифній політиці сприяє виконанню глобальних цілей, зокрема сталого розвитку та зменшенню впливу на навколишнє середовище.

#### **Список використаних джерел:**

1. Smith, J., ін. (2022). «Impact of Gas Tariff Policy on Social Welfare.» *Energy Economics*, том(номер), p.p. 25-40.
2. Li M., ін. (2021). «Tariff Policies and Their Influence on Information Security in Gas Supply.» *International Journal of Energy Economics and Policy*, том(номер), стор. 112-128.
3. Міжнародне Енергетичне Агентство (IEA). (2020). *Analysis of Gas Tariff Policies and Their Social Impact*, p.p. 1-50.
4. Світовий Банк. (2020). *Tariff Policies in the Gas Sector: A Comparative Study*, С. 15-35.
5. Гораль Л. Т., Меташоп І. М., Олійник А. П., Шийко В. І. Дослідження залежності макроекономічної стабільності від змін ринку природного газу Економічна безпека: держава, регіон, підприємство: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. Конф., м. Полтава 17 травня 2023 р. Полтава, 2023. С. 102-106.
6. Шекета В. І., Шийко В.І., Петришин Р.І. Аналіз ринку природного газу для прогнозування газопостачання. Соціально-економічні та енергетичні проблеми розвитку країн: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 11-12 травня 2023р. Дніпро, 2023. С. 33-36

## МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТАРИФОУТВОРЕННЯ В ГАЗОПОСТАЧАННІ: ДОСВІД УКРАЇНИ

*Гораль Л.Т., д. екон. н., проф., liliana.goral@gmail.com;*

*Король С.В., к. екон. н., доц., svitlana.korol@nung.edu.ua;*

*Олійник А.П., д. тех. н., проф., andrioliiny@gmail.com,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Визначено суть, роль та значення тарифоутворення в газопостачанні, що уможливлено завдяки економічній стійкості, інвестицій в розвиток, регулюванні споживання та соціальній справедливості. Виокремлено фактори впливу на формування методологічних аспектів тарифоутворення в газопостачанні, серед яких вартість газу, вартість транспортування, витрати на постачання газу, ефективність та інвестиції та регуляторні фактори. Охарактеризовано нормативно-правове підґрунтя вітчизняної методології тарифоутворення в газопостачанні. Серед них, Порядок формування тарифів на транспортування нафти та нафтопродуктів магістральними трубопроводами, Порядок формування тарифів на транспортування природного газу розподільними трубопроводами на основі багаторічного стимулюючого регулювання, Порядок визначення регуляторної бази активів суб'єктів, що здійснюють розподіл природного газу, Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги транспортування природного газу для точок входу і точок виходу на основі багаторічного стимулюючого регулювання, Методика визначення та розрахунку тарифу на послуги розподілу природного газу, Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги зберігання (закачування, відбору) природного газу щодо газосховищ, до яких застосовується режим регульованого доступу. Встановлено, що вітчизняні методологічні аспекти мають важливе значення для забезпечення ефективності, прозорості та справедливості визначення тарифів та характеризуються впливом регулятора, формулою тарифу, публічною консультацією, регулярним перегляданням тарифів, транспарентністю та обліком, урахуванням соціальної складової, моніторингом та аналізом ринку, а також методами економічного регулювання.

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF TARIFF SETTING IN GAS SUPPLY: THE EXPERIENCE OF UKRAINE

*Horal L., Dr. Sci.(Econ.), Professor, liliana.goral@gmail.com;*

*Korol S., Cand. Sci.(Econ.), Associate Professor, svitlana.korol@nung.edu.ua;*

*Oliynyk Andrii, Dr. Sci.(Tech.) Professor, andrioliiny@gmail.com,*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

The essence, role and significance of tariff formation in gas supply, which is made possible thanks to economic stability, investment in development, regulation of consumption and social justice, is determined. Factors influencing the formation of methodological aspects of tariff formation in gas supply are singled out, including gas price, transportation cost, gas supply costs, efficiency and investments, and regulatory factors. The normative and legal basis of the domestic methodology of tariff formation in gas supply is characterized. Among them, the Procedure for the formation of tariffs for the transportation of oil and petroleum products through main pipelines, the Procedure for the formation of tariffs for the transportation of natural gas through distribution pipelines based on multi-year stimulating regulation, the Procedure for determining the regulatory base of assets of entities engaged in the distribution of natural gas, the Methodology for determining and calculating tariffs for natural gas transportation services for entry points and exit points based on multi-year incentive regulation, Methodology for determining and calculating the tariff for natural gas distribution services, Methodology for determining and calculating tariffs for natural gas storage (injection, selection) services in relation to gas storage facilities to which the regime of regulated access It was established that domestic methodological aspects are important for ensuring the efficiency, transparency and fairness of tariff determination and are characterized by the influence of the regulator, the tariff formula, public consultation, regular revision of tariffs, transparency and accounting, taking into account the social component, monitoring and market analysis, as well as methods of economic regulation.

**Вступ.** В умовах сьогодення газопостачання виступає важливим сектором енергетики, який забезпечує господарську діяльність та життєвий рівень населення. Відтак його тарифоутворення є процесом визначення ціни на послугу постачання газу. Ціна, в свою чергу, встановлена за допомогою тарифів, визначає вартість газу, його транспортування, постачання та інші пов'язані з цим послуги. Власне, суть тарифоутворення полягає в забезпеченні справедливості та ефективності визначення ціни на газові послуги.

Очевидно, що тарифоутворення має неабияке значення. По-перше, тарифи допомагають забезпечувати економічну стійкість газопостачальних компаній шляхом забезпечення рентабельності їхньої діяльності, покриття витрат та отримання прибутку. Це необхідно для підтримки надійності та розвитку газової інфраструктури. По-друге, тарифи в якості доходу

газопостачальних компаній є засобом залучення інвестицій для модернізації та розвитку газової інфраструктури. Це сприяє покращенню ефективності, надійності та безпеки газопостачання. По-третє, тарифи можуть виконувати роль інструменту регулювання споживання газу. Встановлення високих тарифів може стимулювати зменшення споживання та енергоефективність. Водночас, пільгові тарифи для певних груп населення можуть забезпечувати доступність газу для соціально вразливих шарів населення. По-четверте, забезпечення соціальної справедливості є важливим аспектом тарифоутворення в газопостачанні. Це може включати пільгові тарифи для малозабезпечених груп населення, субсидії або інші механізми, що забезпечують доступність газу для всіх верств населення.

Це вказує на те, що тарифоутворення в газопостачанні є складним процесом, який вимагає врахування економічних, соціальних та регуляторних аспектів. Ефективне тарифоутворення сприяє створенню стійкого та ефективного газового ринку, забезпечує рентабельність для постачальників та доступність для споживачів.

**Мета роботи** полягає в дослідженні методологічних аспектів вітчизняного тарифоутворення в газопостачанні.

Серед методів, що уможливили досягнення мети, можна виділити: юридичний, економічний, соціальний та порівняльний аналізи. Крім того, були використані документи регуляторних органів та інші відповідні джерела для отримання достовірної інформації про тарифоутворення в газопостачанні в Україні та визначення методологічних аспектів.

**Результати.** Методологічні аспекти тарифоутворення в газопостачанні включають дослідження різних факторів, які впливають на визначення тарифів. Власне, мова йде про вартість газу, вартість транспортування, витрати на постачання газу, ефективність та інвестиції, а також регуляторні фактори (рис. 1).



**Рис. 1. Фактори впливу на формування методологічних аспектів тарифоутворення в газопостачанні**

Щодо вартості газу, то методологія тарифоутворення передбачає розрахунок вартості закупки газу. Це може включати ціну на міжнародних ринках, вартість транспортування та імпорتنі мита.



Вартість транспортування включає аналіз витрат на транспортування газу по газопроводах та інфраструктурі, включаючи амортизацію, утримання та експлуатацію.

Витрати на постачання газу характеризуються тим, що визначення тарифів також враховує витрати на постачання газу, які включають обслуговування клієнтів, ведення обліку, адміністративні витрати та інші витрати, пов'язані з постачанням газу.

Методологія також бере до уваги ефективність системи газопостачання та потребу в інвестиціях для покращення і розвитку газової інфраструктури.

У визначенні тарифів враховуються регуляторні політики та нормативи, встановлені компетентним органом, які впливають на регулювання цін і забезпечують справедливність тарифів.

Отож, зазначені методологічні аспекти допомагають встановлювати раціональні та обґрунтовані тарифи в газопостачанні, забезпечуючи ефективне та стабільне функціонування газової галузі.

Крім того, необхідно зазначити, що вітчизняна методологія тарифоутворення регламентується такими нормативно-правовими документами:

1. Порядок формування тарифів на транспортування нафти та нафтопродуктів магістральними трубопроводами, затверджений постановою НКРЕКП від 25.05.2017 № 690 [1].

Він визначає, що встановлення тарифів на транспортування нафти (нафтопродуктів) магістральними трубопроводами здійснюється НКРЕКП за умови відповідного обґрунтування ліцензіатом планованих витрат, пов'язаних із транспортуванням нафти (нафтопродуктів) магістральними трубопроводами. При цьому перехідний період, протягом якого тарифи на транспортування нафти магістральними трубопроводами для споживачів України розраховувалися за спрощеним порядком із застосуванням щорічного коефіцієнта зростання тарифу, тривав три роки, починаючи з дати набрання чинності постанови про встановлення тарифів на транспортування нафти магістральними трубопроводами для споживачів України, розрахованими відповідно до Порядку формування тарифів на транспортування нафти та нафтопродуктів магістральними трубопроводами.

При встановленні тарифів на транспортування нафти магістральними трубопроводами по кожному маршруту на перехідний період до розрахунку приймалися лише прямі витрати виробничих підрозділів, що безпосередньо задіяні у процесі транспортування нафти для споживачів України.

2. Порядок формування тарифів на транспортування природного газу розподільними трубопроводами на основі багаторічного стимулюючого регулювання, затверджений постановою НКРЕ від 28.11.2013 № 1499 [2].

Згідно цього порядку тариф на транспортування природного газу розподільними трубопроводами – виражена у грошовій формі вартість реалізації замовнику послуги із транспортування розподільними трубопроводами газорозподільним підприємством 1000 м<sup>3</sup> природного газу.

3. Порядок визначення регуляторної бази активів суб'єктів, що здійснюють розподіл природного газу, затверджений постановою НКРЕ від 28.11.2013 № 1500 [3].

Цей Порядок установлює механізм визначення ліцензіатами регуляторної бази активів та передбачає визначення груп необоротних активів ліцензіатів, що входять до складу регуляторної бази активів, строки їх корисного використання та метод їх обліку для розрахунку необхідного доходу від здійснення діяльності з розподілу природного газу.

4. Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги транспортування природного газу для точок входу і точок виходу на основі багаторічного стимулюючого регулювання, затверджена постановою НКРЕКП від 30.09.2015 № 2517 [4].

Ця методика установлює механізм формування тарифів на послуги транспортування природного газу від точки (точок) входу до точки (точок) виходу та параметрів регулювання, що мають довгостроковий період дії для цілей стимулюючого регулювання та забезпечення: отримання необхідного доходу та прибутку на регуляторну базу активів; дотримання регуляторної бази активів та регуляторної норми доходу.

5. Методика визначення та розрахунку тарифу на послуги розподілу природного газу, затверджена постановою НКРЕКП від 25.02.2016 № 236 [5].

Згідно цієї методики тариф на послуги розподілу природного газу – виражена у грошовій формі вартість послуги із доступу до потужності газорозподільної системи, що визначається в гривнях за одиницю енергії та/або  $\text{м}^3$  до одиниці часу.

6. Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги зберігання (закачування, відбору) природного газу щодо газосховищ, до яких застосовується режим регульованого доступу, затверджена постановою НКРЕКП від 13.06.2016 № 1131 [6].

Згідно цієї методики розрахунок тарифів на послуги зберігання (закачування, відбору) природного газу здійснюється згідно формул, які у ній наведені. У ній зазначено, що тариф на відбір природного газу з ПСГ – виражена у грошовій формі вартість забезпечення оператором газосховища замовнику у планованому періоді потужності відбору природного газу з ПСГ; тариф на закачування природного газу в ПСГ – виражена у грошовій формі вартість забезпечення оператором газосховища замовнику у планованому періоді потужності закачування природного газу в ПСГ; тариф на зберігання природного газу в ПСГ – виражена у грошовій формі вартість забезпечення оператором газосховища замовнику у планованому періоді робочого обсягу зберігання природного газу у газосховищі.

Загалом пропозиції по встановленню нових тарифів, із врахуванням економічно обґрунтованих змінених витрат подаються на розгляд в НКРЕКП України по мірі їх виникнення, але зміни тарифів в сторону збільшення відбувається лише в окремих випадках. При затвердженні тарифів на розподіл і постачання природного газу НКРЕКП України не приймаються до уваги вплив сезонних кліматичних змін на обсяги споживання природного газу всіма категоріями споживачів. Відсутність диференціації тарифів за даною ознакою приводить до недостатності оборотних коштів в неопалювальний період року та змушує користуватися кредитними коштами банків і, відповідно, створює додаткові витрати для підприємств.

Новизна дослідження полягає в тому, що набули подальшого розвитку методологічні аспекти тарифоутворення у вітчизняному газопостачанні, що дозволило шляхом порівняльного аналізу дослідити різні методики формування тарифу із врахуванням принципів ефективності, прозорості та соціальної справедливості в газопостачанні.

У підсумку можемо зазначити, що вітчизняні методологічні аспекти тарифоутворення в газопостачанні мають важливе значення для забезпечення ефективності, прозорості та справедливості визначення тарифів та характеризуються впливом регулятора, формулою тарифу, публічною консультацією, регулярним перегляданням тарифів, транспарентністю та обліком, урахуванням соціальної складової, моніторингом та аналізом ринку та методами економічного регулювання.

Україна має національного регулятора в галузі енергетики – Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), яка визначає принципи та методи тарифоутворення на газ, забезпечуючи регулюючий механізм у цій галузі [7].

Крім того, Україна використовує систему формул для розрахунку тарифів, яка базується на розрахунках вартості послуги згідно з певними факторами. Ці фактори можуть включати вартість закупки газу, транспортні витрати, амортизацію, плата за послуги постачальників тощо.

Однак, перед встановленням тарифів, НКРЕКП проводить публічну консультацію зі зацікавленими сторонами. Це дозволяє включити в процес прийняття рішення різні голоси, забезпечуючи більшу прозорість та врахування інтересів громад.

Також тарифи на газопостачання в Україні переглядаються регулярно з метою врахування змін у вартості газу, економічній ситуації та інших факторів. Це дозволяє забезпечити адаптацію тарифів до змінних умов і підтримувати економічну стійкість газопостачальних підприємств.

Важливим аспектом методології тарифоутворення також є транспарентність процесу визначення та обліку витрат. Ефективне ведення обліку витрат на газопостачання та розрахунку тарифів гарантує точність і об'єктивність визначення цін на послуги.

При встановленні тарифів на газопостачання вітчизняна методологія передбачає урахування соціальної складової. Це означає, що тарифи можуть бути адаптовані для забезпечення доступності послуги газопостачання для вразливих соціальних груп, наприклад, через встановлення пільгових тарифів або соціальних програм субсидування.

Методологія тарифоутворення передбачає постійний моніторинг та аналіз ринку газопостачання. Це дозволяє враховувати зміни у зовнішньому середовищі, такі як ціни на газ або нові технології, і відповідно адаптувати тарифи для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності ринку.

З метою впливу на тарифне формування в газопостачанні використовуються різні методи економічного регулювання. Наприклад, заходи для поступового зниження субсидій, стимулювання енергоефективності, регулювання тарифів на рівні мережевої і роздрібної частини газопостачання тощо.

Враховуючи ці методологічні аспекти, Україна повинна забезпечувати визначення тарифів відповідно до принципів ефективності, прозорості та соціальної справедливості в газопостачанні.

#### **Список використаних джерел:**

1. Порядок формування тарифів на транспортування нафти та нафтопродуктів магістральними трубопроводами, затверджений постановою НКРЕКП від 25.05.2017 № 690.
2. Порядок формування тарифів на транспортування природного газу розподільними трубопроводами на основі багаторічного стимулюючого регулювання, затверджений постановою НКРЕ від 28.11.2013 № 1499.
3. Порядок визначення регуляторної бази активів суб'єктів, що здійснюють розподіл природного газу, затверджений постановою НКРЕ від 28.11.2013 № 1500.
4. Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги транспортування природного газу для точок входу і точок виходу на основі багаторічного стимулюючого регулювання, затверджена постановою НКРЕКП від 30.09.2015 № 2517.
5. Методика визначення та розрахунку тарифу на послуги розподілу природного газу, затверджена постановою НКРЕКП від 25.02.2016 № 236.
6. Методика визначення та розрахунку тарифів на послуги зберігання (закачування, відбору) природного газу щодо газосховищ, до яких застосовується режим регульованого доступу, затверджена постановою НКРЕКП від 13.06.2016 № 1131.
7. Офіційний вебпортал Регулятора Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua/>



# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН







## ЩОДО ПИТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОДАТКУ ЗА ВИКИДИ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ

*Матиюха В.В.<sup>1</sup>, к. тех. н., с. н. с., e-mail: matiukha@ukr.net,*

*Сухіна О.М.<sup>2</sup>, к. екон. н., с. н. с., olsuhina@ukr.net,*

*1 – пенсіонер,*

*2 – Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку  
Національної академії наук України», м. Київ, Україна*

Ця стаття присвячена розробці методологічного апарату для визначення щорічного розміру екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю, у т. ч. гірничодобувними підприємствами. Слід зазначити, що на сьогодні в Україні екологічний податок носить суто фіскальну функцію, тобто є наповнювачем бюджетів усіх рівнів нашої держави. Проте, його основна функція має бути регулювання еколого-економічних відносин між державою та підприємствами-забруднювачами, тобто бути інструментом для стимулювання підприємств до проведення екологізації своїх виробництв. Наразі існуючий розмір ставки екологічного податку за викиди CO<sub>2</sub> в атмосферне повітря в Україні встановлено без будь-якого економічного обґрунтування. Авторами статті запропонована методологія визначення розміру ставки цього екологічного податку, що враховує щорічну вартість лісових екосистемних послуг з поглинання двоокису вуглецю, щорічні витрати підприємств-забруднювачів на екологізацію виробництв, річний обсяг викидів двоокису вуглецю в атмосферне повітря, а також коригування в залежності від стану забруднення повітря у кожному окремо взятому регіоні нашої держави.

Розрахунки розміру ставки екологічного податку, що були зроблені за запропонованою методикою, корелюються з тими розмірами екологічного податку, які застосовуються на даний час в країнах Європейського Союзу. Це є дуже важливим фактором, оскільки Україною взятий курс на інтеграцію до Європейського Союзу.

**Ключові слова:** методологія, екологічний податок, двоокис вуглецю, гірничодобувні підприємства.

## REGARDING THE ISSUE OF THE METHODOLOGY FOR DETERMINING THE AMOUNT OF THE ENVIRONMENTAL TAX FOR EMISSIONS OF CARBON DIOXIDE INTO THE ATMOSPHERIC AIR

*Matyukha V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, matiukha@ukr.net,*

*Suhina O.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher, olsuhina@ukr.net,*

*1 – retired person,*

*2 – Public Institution “Institute of Environmental Economics and Sustainable Development  
of the National Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine*

This article is devoted to the development of a methodological apparatus for determining the annual amount of the environmental tax for emissions of carbon dioxide into the atmosphere, including by mining enterprises. It should be noted that currently in Ukraine, the environmental tax has a purely fiscal function, i.e. it is a filler for the budgets of all levels of our state. However, its main function should be to regulate ecological and economic relations between the state and polluting enterprises, that is, to be a tool for stimulating enterprises to carry out ecologization of their production. Currently, the existing environmental tax rate for CO<sub>2</sub> emissions into the atmospheric air in Ukraine has been established without any economic justification. The authors of the article proposed a methodology for determining the amount of the rate of this environmental tax, which takes into account the annual cost of forest ecosystem services for the absorption of carbon dioxide, the annual costs of polluting enterprises for the ecologization of production, the annual volume of emissions of carbon dioxide into the atmospheric air, as well as adjustments depending on the state of air pollution in every single region of our country.

Calculations of the amount of the environmental tax rate, which were made according to the proposed methodology, are correlated with the amounts of the environmental tax currently applied in the countries of the European Union. This is a very important factor, as Ukraine has taken a course towards integration into the European Union.

**Key words:** methodology, environmental tax, carbon dioxide, mining enterprises.

На сьогодні питання охорони довкілля в усьому світі є одним із найактуальніших і виходить далеко за галузеві рамки і тісно пов'язане з екологічним податком за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю. Слід зазначити, що екологічний податок – це загальнодержавний обов'язковий платіж, що справляється з фактичних обсягів викидів в атмосферне повітря двоокису вуглецю. Застосування екологічного податку зумовлене потребою часткової компенсації негативного впливу на навколишнє природне середовище небезпечних факторів (викиди), що виникають у процесі діяльності суб'єктів господарювання, зокрема

двоокису вуглецю, а також стимулювання господарюючих суб'єктів до екологізації своїх виробництв.

Питання сплати екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю є дуже актуальними для гірничо-металургійного комплексу України, оскільки його підприємства є одними з основних забруднювачів атмосферного повітря.

Існує досить великий блок країн, в яких введено податок за викиди двоокису вуглецю. В науково-економічній літературі не зустрічається опис конкретних методик визначення розмірів ставок цього податку, а лише їх розміри, розкид яких складає більше 1 000 разів. Це говорить про те, що різні країни мають свої відповідні методологічні підходи. Єдина думка з приводу такої методології у світі відсутня.

Якщо не враховувати показників колишніх країн Радянського Союзу, то мінімальний розмір податку на викиди двоокису вуглецю в Європейському Союзі – 17,37 євро/т у Словенії, а максимальний – 108,81 євро/т у Швеції [1].

В Україні також є аналогічний податок. Ставка екологічного податку на викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря в нашій державі на початок 2023 р. становить 30 грн./т (або 0,76 євро – в перерахунку по курсу НБУ).

За даними Державної служби статистики України і Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні, викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря в нашій державі від стаціонарних і пересувних джерел склали у 2021 р. 141 918,3 тис. т., у 2020 р. – 139 646,3 тис. т. Кількість викидів забруднюючих речовин підприємств добувної промисловості і розроблення кар'єрів у 2021 р. складало 401,8 тис. т. (17,9 % від викидів цих речовин стаціонарними джерелами забруднення), у тому числі викидів при добуванні кам'яного та бурого вугілля – 326,8 тис. т (14,6 % відповідно). Обсяг викидів діоксиду вуглецю гірничодобувними підприємствами за цей же період склав 2 448,9 тис. т (2,2 % від викидів стаціонарних підприємств усіх видів економічної діяльності), у тому числі викидів при добуванні кам'яного та бурого вугілля – 328,3 тис. т (0,3 % відповідно).

На нашу думку, ставка цього податку в Україні встановлена без будь-якого економічного обґрунтування і виконує лише суто фіскальну функцію, тобто є наповнювачем бюджетів усіх рівнів. Цей податок в нашій державі не виконує функцію регулятора відносин між підприємствами-забруднювачами атмосферного повітря і державою з одного боку, та не стимулює підприємства-забруднювачі до екологізації своїх виробництв, – з іншого. Для того, щоб він почав виконувати регулюючу функцію, ставку цього податку необхідно переглянути на економічно обґрунтованій основі з урахуванням екологічного стану атмосферного повітря, щорічної вартості лісових екосистемних послуг з поглинання двоокису вуглецю, щорічних витрат підприємств на екологізацію виробництв, річного обсягу поглинання двоокису вуглецю лісовими екосистемами з атмосферного повітря. Для цього доцільно розробити власний методологічний підхід, за допомогою якого можна визначати розмір ставки податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря.

Актуальність цієї проблеми підсилюється ще й тим фактором, що Україна інтегрується до Європейського Союзу, і, відповідно, має привести свої стандарти (в тому числі й податкові) до європейських.

Питанням екологічних податків (платежів) за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю знаходяться на порядку денному і ним переймаються економісти-науковці як за кордоном [2, 3, 4], так і в нашій державі. При цьому об'єктом обкладання цих податків, як правило, виступають обсяги шкідливих викидів в атмосферу. Аналіз досліджень літературних джерел з цього питання показав, що в методологічному аспекті механізму їх нарахування є значні недоопрацювання, які насамперед пов'язані з відсутністю прямого зв'язку між розмірами ставок екологічних податків та екологічного стану атмосферного повітря. Безпосередньо методологічні підходи не були запропоновані, і наразі в Податковому кодексі України методика відсутня.

**Мета дослідження** – розробка методології визначення розміру (ставки) екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю, здійснення розрахунків на її основі

та співставлення результату розрахунків з аналогічними ставками цього податку у країнах Європейського Союзу.

В роботі використані наступні методи наукового пізнання: аналіз і синтез, порівняння, опис, моделювання.

Ситуація, що склалася, потребує докорінної зміни, необхідності перегляду на науково-економічних засадах. Тому, на нашу думку, єдиним виходом у цій ситуації є розробка методики визначення розміру екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря на науково-економічних засадах. І нами пропонується наступний методологічний підхід. Для визначення розмірів екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря можна скористатися запропонованою нами формулою 1:

$$R = \frac{C-E}{V_e-V_{ea}}; \quad (1)$$

де  $R$  – (*rate*) розмір екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря, грн/т;  $C$  – (*cost*) щорічна вартість лісових екосистемних послуг з поглинання двоокису вуглецю (тобто, вартість асиміляційних послуг лісових екосистем за 1 календарний рік для всіх лісів України), грн;  $E$  – (*expenses*) щорічні витрати підприємств на екологізацію виробництва (по всій території України), грн;  $V_e$  – (*volume of emissions*) річний обсяг викидів двоокису вуглецю в атмосферне повітря (по державі в цілому), т;  $V_{ea}$  – (*volume of emission absorption*) – річний обсяг поглинання двоокису вуглецю лісовими екосистемами з атмосферного повітря, т.

Як загальновідомо, головна функція лісу – поглинання двоокису вуглецю. Цей показник наша формула враховує поруч з іншими показниками. Наша методологія є правильною, і підлягає загальноприйнятому визначенню розмірів платежів у сфері природокористування. Формула (1) визначення розміру екосистемного платежу має всі відповідні ознаки, тому що туди включено і вартість з поглинання  $\text{CO}_2$ . Є конкретна прив'язка до декількох показників.

Ця формула включає економічну та екологічну складові. Якщо показники  $E$ ,  $V_e$ ,  $V_{ea}$  є статистичними даними, і вони наводяться в щорічних довідниках Держстат України, то параметр  $C$  є розрахунковим. Розрахунок ми пропонуємо здійснювати за такою формулою 2:

$$C = \sum_{k=1}^K (M_{k\text{CO}_2} \cdot B_{\text{CO}_2} \cdot S_k) \quad ; \quad (2)$$

де  $C$  – щорічна вартість лісових екосистемних послуг з поглинання двоокису вуглецю, грн;  $M_{k\text{CO}_2}$  – щорічна маса поглинання вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ )  $k$ -тим видом породи дерев, який поглинають дерева, т/га/рік;  $B_{\text{CO}_2}$  – вартість квот на викиди вуглекислого газу на вуглецевому ринку в поточному році, грн/т. (це може бути і вартість вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ));  $S_k$  – площа  $k$ -ої породи дерев лісової екосистеми, га;  $k$  – кількість порід дерев, що входять до лісової екосистеми.

Забруднювач викидає  $\text{CO}_2$ , забруднює навколишнє природне середовище, а лісова екосистема надає послугу у вигляді поглинання  $\text{CO}_2$  різними породами дерев: хвойними, листяними чи змішаними, а також чагарниками, травами. Підвищений розмір екосистемного платежу буде стимулювати до екологізації виробництва.

По кожній лісовій екосистемі можна дізнатися: скільки гектарів займають сосни, ялини, берези, дуби чи ін. Якщо в лісі ростуть 4 породи дерев, то показник  $k$  становитиме 4. Коригування розміру екосистемного платежу з поглинання лісовими екосистемами двоокису вуглецю з атмосферного повітря здійснюється за рахунок різного ступеню поглинання різними породами дерев. Такий методологічний підхід доцільно застосовувати не лише для різних порід дерев, а й для підліску або трав'яного ярусу.

Оскільки видовий склад лісів є різним, коефіцієнт поглинання вуглекислого газу вже перебуває у показнику маси викидів вуглекислого газу, який поглинають дерева. Маса викидів

вуглекислого газу ( $Мсo_2$ ) яку поглинають дерева, складає: для тополі 40-90 т/га/рік [5], дуба – 18 т/га/рік [6, 7], сосни – 14,4 т/га/рік [6], ялини – 13,0 т/га/рік [8], акації – 20,0 т/га/рік [9], 14,81–33,33 т/га/рік [5], бука – 7,0 т/га/рік, вільхи – 7,0 т/га/рік, берези – 7,0 т/га/рік [10].

Маса викидів вуглекислого газу, який поглинає підлісок, 0,7 т/га/рік; маса викидів вуглекислого газу, який поглинає трав'янистий ярус, 0,6 т/га/рік [11, с. 13].

З одного боку, лісова екосистема надає киснепродукуючі послуги, а з іншого – поглинає різноманітні шкідливі викиди. Проте не у всіх регіонах лісовими екосистемами поглинаються всі забруднюючі речовини, що сприятиме диференціації екологічного податку на викиди двоокису вуглецю за використання екосистемних послуг лісів. Наприклад, в Українських Карпатах поглинання викидів може бути 100 %, адже там порівняно високий рівень лісистості, колосальні лісові масиви й не досить багато промислових підприємств, які забруднюють навколишнє природне середовище. Базовий платіж – це той платіж, коли є стовідсоткове поглинання викидів лісовими екосистемами, де немає загроз.

Для диференціації розмірів екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря доцільно використати наступну формулу (3):

$$R_{dif} = R \cdot k; \quad (3)$$

де  $R_{dif}$  – розмір диференційованого екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю, грн/т;  $k$  – коригуючий (підвищуючий) коефіцієнт диференціації екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю, залежно від регіону (безрозмірний).

Коригуючий (підвищуючий) коефіцієнт пропонується розраховувати як співвідношення наявного вмісту двоокису вуглецю в атмосферному повітрі в певному регіоні держави до ГДК двоокису вуглецю (формула 4):

$$k = \frac{C_{CO_2}}{ГДК_{CO_2}}; \quad (4)$$

де  $C_{CO_2}$  – вміст (концентрація) двоокису вуглецю в атмосферному повітрі певного регіону держави, мг/м<sup>3</sup>;  $ГДК_{CO_2}$  – гранично допустима концентрація (ГДК) двоокису вуглецю в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>.

Розмір екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря ( $R$ ), визначений на основі нашої методології становив би у 2010 р. 904,9 грн, у 2015 р. – 1 230,6 грн/т, у 2019 р. – 1 438,9 грн/т, у 2020 р. – 1 657,6 грн/т. Можна простежити наступну тенденцію: чим більшою буде вартість лісових екосистемних послуг з поглинання двоокису вуглецю ( $C$ ), тим більшим буде розмір екологічного податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю ( $R$ ); чим меншими є щорічні витрати всіх підприємств України на екологізацію своїх виробництв ( $E$ ), тим більшим є розмір екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря ( $R$ ); чим більшим буде річний обсяг викидів двоокису вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел (по державі в цілому) ( $Ve$ ), тим більшим буде розмір екологічного податку за забруднення довкілля ( $R$ ); чим більший річний обсяг поглинання двоокису вуглецю лісовими екосистемами з атмосферного повітря, тим більші розміри екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря ( $R$ ).

Запропонована нами методологія охоплює як економічні, так і екологічні показники, що характеризують стан навколишнього природного середовища. Визначений з її допомогою розмір екологічного податку лягає в тренд розмірів європейських податків та платежів за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря. Ми порівнюємо результат наших розрахунків з податками, які є в країнах ЄС, оскільки Україна буде вступати до ЄС.

Слід зазначити, що згідно з чинним податковим законодавством України екологічний податок відноситься на собівартість товарної продукції, що випускається. В такому випадку старі підприємства (у яких знос основних виробничих фондів сягає понад 70 %) нашої держави

не зможуть витримати таке нове податкове навантаження у розмірі 50 євро/т за викиди двоокису вуглецю. Тому, відразу перейти від екологічного податку у розмірі 30 грн/т. до 50 євро/т для підприємств із застарілими технологіями є неможливим, оскільки від собівартості продукції залежить їх прибутковість (такий додатковий податковий тягар може призвести до нерентабельності виробництва). Старі заводи доцільно за необхідності технологічно переозброїти. На нашу думку, де є застарілі технології виробництва, підприємствам необхідно дати років 5, аби вони провели технічне переозброєння виробництва і тільки після цього вони повинні будуть сплачувати екологічний податок за новою ставкою. Для новозбудованих підприємств, що містять у своєму виробництві технології з рециклінгу та рекуперації, можна відразу застосовувати нову ставку екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря.

Застосування коригуючого коефіцієнту (який становить більше одиниці) до базового нормативу ставки екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря пропонується віддати на розгляд регіональних органів влади за погодження з Державною податковою службою України. Причому, різниця у грошовому виразі між платежами за відкоригованою ставкою цього екологічного податку та базовою ставкою має зараховуватися до регіональних бюджетів. Тобто, де регіони є більш забрудненими, вони повинні отримувати більший розмір екологічної ренти.

### **Висновки:**

1. Отже, розроблений нами методологічний підхід визначення розміру ставки екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря враховує екологічний стан навколишнього природного середовища, тобто показує прямий зв'язок (залежність) між розміром ставки цього податку та станом забруднення довкілля, а це в свою чергу визначає економічне обґрунтування визначення ставки цього платежу. Це є *науковою новизною дослідження*.

2. Як свідчить результат розрахунку, екологічний податок у розмірі 41,07 євро/т, отриманий на основі авторської методики (цифри для розрахунків взяті з реальної ринкової економіки держави в сфері природокористування), корелюються з тими розмірами податків за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря, які наразі застосовуються в країнах Європи (від 17,3 до 108 євро/т).

3. Запропонована нами методика щодо визначення розміру (ставки) екологічного податку за викиди двоокису вуглецю в атмосферне повітря не суперечить п. 9.4 та п. 10.4 Податкового кодексу України і може бути впроваджена у практику в нашій державі, а також водночас може бути гармонізована з екологічним законодавством європейських країн.

*Подальші наукові дослідження.* Хоча наше дослідження має завершений характер, проте і в майбутньому ще є над чим працювати. Доцільно розробити інші методологічні підходи, зокрема для визначення розміру екосистемних платежів за надання киснепродукуючих послуг лісових екосистем, а також пилепоглинаючих, шумопоглинаючих чи інших.

### **Список використаних джерел:**

1. Белоусова К. Названо найбільш ефективні засоби для зменшення викидів вуглецю у світі. Дата оновлення: 30.11.2022. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/nazvano-najefektivnishi-zasobi-dlya-zmenshennya-vikidiv-vuglecju-u-sviti/> (дата звернення: 03.02.2023).

2. Andersson J.J. Carbon Taxes and CO<sub>2</sub> Emissions: Sweden as a Case Study // American Economic Journal: Economic Policy 2019, 11 (4): 1–30. <https://doi.org/10.1257/pol.20170144> 1. URL: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/pol.20170144>

3. Baranzini, Andrea, and Stefano Carattini. 2014. "Taxation of Emissions of Greenhouse Gases." In Global Environmental Change, edited by Bill Freedman, 543–60. New York: Springer.

4. Carattini, Stefano, Andrea Baranzini, Philippe Thalmann, Frédéric Varone, and Frank Vöhringer. 2016. "Green Taxes in a Post-Paris World: Are Millions of Nays Inevitable?" Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper 273.

5. Какое дерево лучше? URL: <http://dendrology.ru/books/item/f00/s00/z00000047/st040.shtml> (дата звернення: 03.12.2020).
6. Куликова М. Какое дерево выделяет больше кислорода? URL: <https://givoyles.ru/articles/nauka/kakoe-derevo-vydelyaet-bolshe-kisloroda/> (дата звернення: 05.02.2021).
7. Лакида І.П. Киснепродуктивність модальних штучних сосняків міських лісів міста Києва / І.П.Лакида [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу до електронного ресурсу: [http://www.nbuuv.gov.ua/portal/chem\\_biol/nvnau\\_lds/2011\\_164\\_3/11lip.pdf](http://www.nbuuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau_lds/2011_164_3/11lip.pdf)
8. Окружающая среда. Баланс CO<sub>2</sub>. <https://www.globalnaturetrees.com/ru/%D0%BE%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F-%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0/> (дата звернення: 05.02.2021).
9. Миколук О. Озеленення – проти зміни клімату. Вчені дослідили, де в Києві найспекотніше, і як цьому зарадити. Дата оновлення: 23.06.2016. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/cuspilstvo/ozelenennya-proty-zminy-klimatu> (дата звернення: 20.05.2022).
10. Шлапак М. Кліматичні краплі. Мобільний додаток екологічно-дружніх вчинків. Дата оновлення: 27.03.2018. URL: <https://www.slideshare.net/MykolaShlapak/ss-92057771> (дата звернення: 06.06.2021).
11. Кравчук Л.А. Структурно-функциональная организация ландшафтно-рекреационного комплекса в городах Беларуси / Л.А.Кравчук. – Минск: Беларус. Наука, 2011. – 171 с.



## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОЗРОБКИ РОДОВИЩ МІНЕРАЛЬНИХ СОЛЕЙ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

*Петришин В.Ю., geology1982@ukr.net*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна, office@dkz.gov.ua*

Природні ресурси Західного регіону України характеризуються великою різноманітністю. За останні десяти роки природні ресурси зазнали суттєвої трансформації в зв'язку з техногенними змінами на регіональному і глобальному рівні. Ці зміни і спричинили розвиток цілої низки екологічних проблем.

Техногенний тиск на геологічне середовище зростає з кожним днем і тому проблема техногенно-екологічної безпеки геологічного середовища є надзвичайно важливою.

Значні екологічні проблеми в регіоні пов'язані з розробкою родовищ мінеральних солей, ліквідацією і будівництвом гірничопромислових комплексів.

Для нашої держави на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому значну і все зростаючу роль буде мати проблема закриття гірничих підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан, з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті вирішення пріоритетних екологічних проблем. Значна кількість гірничопромислових комплексів або вже реалізувала свій економічно доцільний ресурсний резерв корисних копалин, або потребують нової методологічної основи з точки зору реалізації екологічної безпеки довкілля. Є необхідність визначення основних оптимізаційних заходів щодо керованого контролю станом довкілля після завершення гірничодобувної діяльності, ліквідації гірничопромислового комплексу, а також при проектуванні нових родовищ.

## ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE DEVELOPMENT OF MINERAL SALT DEPOSITS IN THE WESTERN REGION OF UKRAINE

*Petryshyn V., geology1982@ukr.net,*

*State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine, office@dkz.gov.ua*

Natural resources of the Western region of Ukraine are characterized by a great diversity. Over the past dozen years, natural resources have undergone a significant transformation due to technogenic changes at the regional and global level. These changes have caused a number of environmental problems.

Technogenic pressure on the geological environment is increasing day by day, and, therefore, the issue of technogenic and environmental safety of the geological environment is crucial.

Significant environmental problems in the region are associated with the development of mineral salt deposits, the liquidation and construction of mining complexes.

At the current stage of our country's development and in the foreseeable future, closure of mining enterprises and recultivation of technogenic landscapes will play an essential role in terms of technical, technological, economic conditions in the context of solving primary environmental problems. A significant number of mining complexes have either already depleted their economically feasible resources of mineral stocks, or they require a new methodological basis to ensure the environmental safety. There is a need to determine primary optimization measures for managed control over the state of the environment after the completion of mining activities, the mining complex liquidation, as well as projecting of new deposits.

**Мета:** Вивчення негативних екзогенних геологічних процесів (ЕГП) на ділянках впливу ліквідованих гірничих виробництв після закриття видобувних підприємств мінеральних солей Західного регіону України є актуальною науковою задачею сьогодення.

Подібні явища несуть загрозу навколишньому середовищу та створюють небезпечні ситуації для життєдіяльності. Передумовою утворення цих явищ, що виникли завдяки техногенному втручання у геологічне середовище, стали зміни фізико-механічних властивостей масивів ґрунтів, гідрогеохімічних та геодинамічних умов геологічного середовища, таких як: морфології ділянок земної поверхні, гідрологічної та гідрогеологічної природної рівноваги, активізації провалів, зсувів, просідання, підтоплення земної поверхні, заболочення, суфозії. Зазначені процеси та явища досить активно розвиваються у межах впливу відпрацьованих ділянок надр.

Світовий досвід дослідження, розвитку та активізації сольового карсту у межах впливу солевидобувних рудників показав, що **основою зазначеної активізації стали прориви підземних та поверхневих вод у гірничі порожнини.**

## 1. Загальні відомості про район досліджень

Україна має значні ресурси мінеральних солей, що становлять мінерально-сировинну базу агрохімічної, хімічної, харчової та інших галузей промисловості країни. Ці соляні ресурси представлені родовищами калійних та харчової солей.

У межах західного регіону України виділяють Передкарпатську провінцію соляних відкладів (Калуш-Голинська група родовищ, Стебницьке родовище) та Закарпаття (Солотвинське, Тереблянське родовища).

Основною закономірністю Передкарпатського передового прогину є залежність тектонічного режиму прогину від особливостей формування складчастої області і характерна моласова формація. Середовищем розвитку екзогенних процесів тут виступають такі стратиграфічні комплекси як нерозчленовані відклади нижнього міоцену, що включають в себе соленосні породи воротищенської світи, з якими пов'язаний соляний карст, що утворюється і на поверхні, і на глибині (внаслідок розробки соляних родовищ). Власне геологічне середовище в межах Передкарпатського передового прогину характеризується техногенним навантаженням внаслідок дії підприємств гірничовидобувного комплексу.

Структурно-тектонічні умови Закарпатського прогину обумовлюють формування складнодислокованих у пологі складки моласових відкладів, в яких розвинуті зсуви і вони ускладнені соляними штоками, з якими пов'язаний розвиток соляного карсту.

### 1.1. Калуський гірничопромисловий район

Родовища кам'яної і калійних солей та природних розсолів утворюють Передкарпатський соленосний басейн, який займає територію Бориславсько-Покутської і Самбірської зон Передкарпатського прогину.

Соленосний басейн простягається з північного заходу від кордону з Польщею на південний схід до кордону з Румунією у вигляді смуги шириною 6,5–35 км та довжиною близько 280 км (рис. 1, 2).

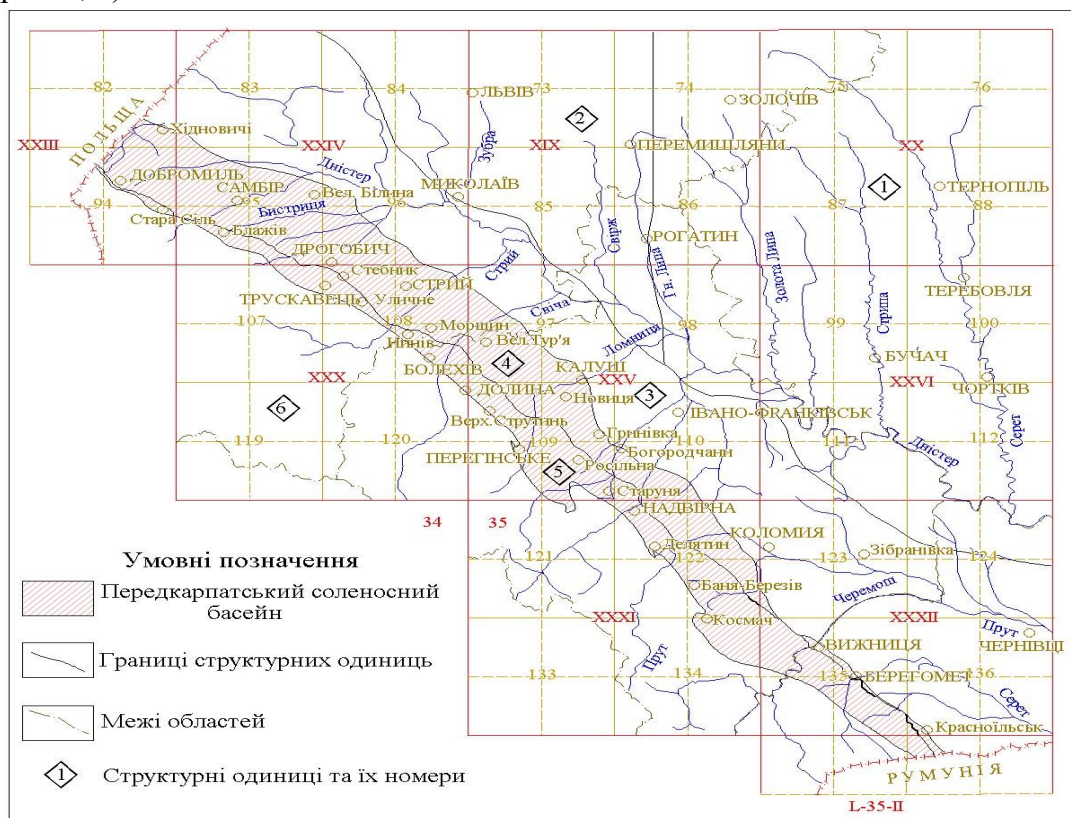
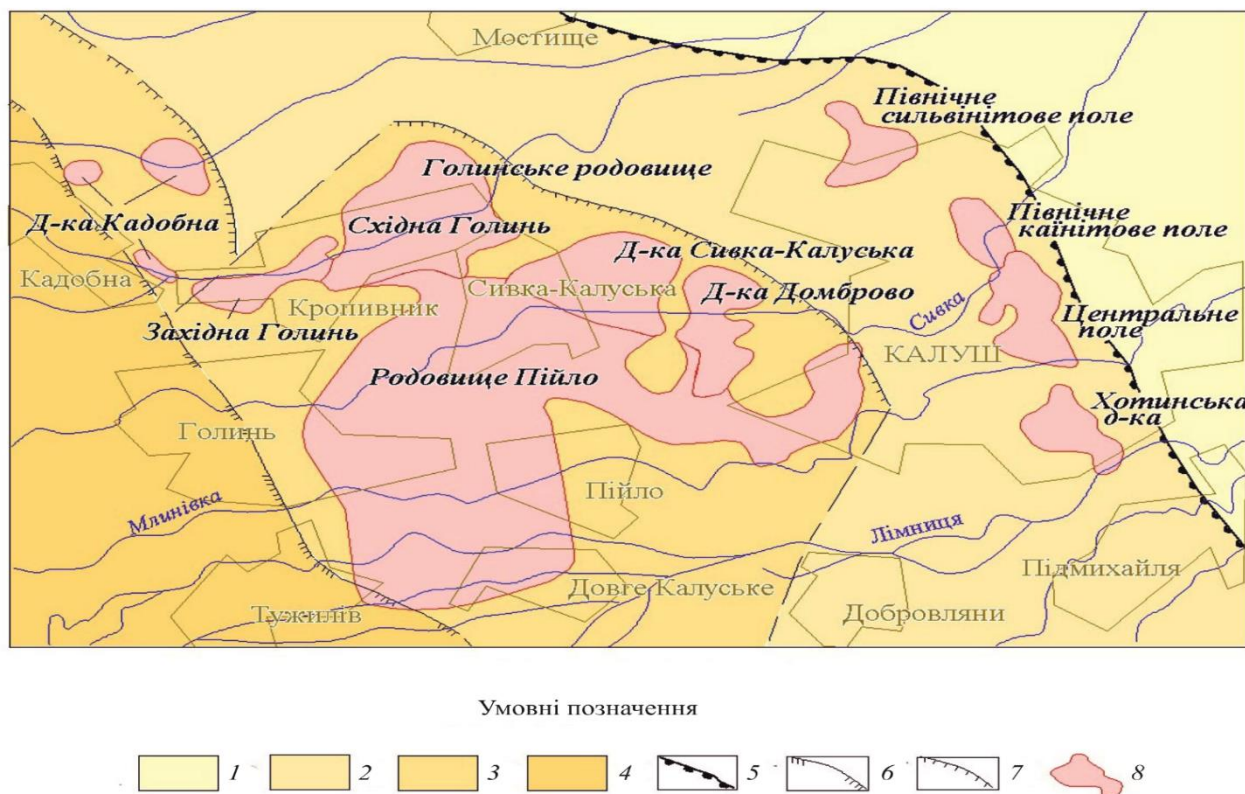


Рис. 1. Оглядова карта Передкарпатського соленосного басейну. Масштаб 1 : 700 000:

- 1 – Східноєвропейська платформа; 2 – Складчасте облямування Східноєвропейської платформи;  
3 – Передкарпатський прогин, Більче-Волицька зона; 4 – Передкарпатський прогин, Самбірська зона;  
5 – Передкарпатський прогин, Бориславсько-Покутська зона; 6 – Складчасті Карпати



**Рис. 2. Схема розташування рудних тіл Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей.**  
Масштаб 1 : 10 000: 1 – Більче-Волицька зона; Самбірська зона, луски: 2 – Калуська; 3 – Голинська; 3 – Великотур'янська; насуви: 5 – Самбірської зони; 6 – лусок 1-го порядку; 7 – лусок 2-го порядку; 8 – рудні тіла та їх назва

У Передкарпатському басейні кам'яна сіль без домішок теригенного матеріалу майже відсутня. Вона утворює пластово-лінзоподібні поклади потужністю до 200–300 м (іноді до 415 м) і протяжністю до 6 км. Сіль за своєю якістю не відповідає вимогам до харчової солі та сировини для хлористої промисловості, і може представляти практичний інтерес лише як сировина для підземного вилугування з утворенням насичених розсолів, із яких методом випаровування можна отримувати харчову сіль.

Надзвичайні ситуації на території Калуського гірничопромислового району (ГПР) розвиваються упродовж багатьох років через господарську діяльність із видобування калійних солей, що здійснювалося без проведення ефективних технічних і природоохоронних заходів (рис. 3–5).

Поклади кам'яної солі Калуш-Голинської групи родовища розроблялися шляхом видобування розсолів за допомогою камер вилугування. Пізніше об'єктом промислової розробки стали поклади полімінеральних калійно-магнієвих солей, видобування яких здійснювалося на трьох рудниках та єдиному у світовій практиці відкритому Домбровському кар'єрі.

Через суттєве відхилення від проєктних норм і погіршення геофільтраційної ізолюваності кар'єра видобування калійних солей почало супроводжуватися постійним зростанням притоків мінералізованих вод, що у багато разів перевищували проєктні значення. Збільшення припливу вод у гірничі виробки призвело до інтенсивного розчинення солей, активізувало карстові процеси в соленосних і соляних породах і зменшило їх міцність у бортах кар'єру та покрівлі гірничих виробок прилеглих соляних шахт. Ці процеси збільшують загрозу незворотного забруднення підземного і поверхневого стоку у транскордонному басейні р. Дністер.

У цілому негативні зміни стану навколишнього природного середовища м. Калуш, с. Кропивник і с. Сівка-Калуська вже призвели до значного перевищення гранично допустимих



норм хімічного забруднення ґрунтів і водних джерел, що суттєво обмежує можливість безпечної життєдіяльності населення, ускладнює подальшу господарську діяльність в цих умовах та знижує інвестиційну привабливість регіону. Це зумовлює необхідність прискореного проведення комплексу заходів з інженерно-гідрогеологічних, геофізичних і геодезичних досліджень ділянок небезпечних карстопровальних процесів та осадок, зміщення контурів засолених вод у бік долини р. Лімниця, застосування адекватних заходів з боку держави для забезпечення захисту життя і здоров'я людей на території Калуського ГПР.

Актуальними екологічними проблемами зони техногенезу Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей визначено розвиток соляного карсту та просідання територій над виробленим простором шахт з деформацією чи руйнуванням інженерних споруд і житлових будівель, самозатоплення Домбровського соляного кар'єру, розмив атмосферними опадами солевмісних відвалів, переповнення хвостосховища № 2 та стан суміжних з ним накопичувачів відходів переробки калійних руд, поширення ареолу засолення вод четвертинного водоносного горизонту та небезпека різкого погіршення якості води у міському водозаборі.

Акумуляція на денній поверхні легкорозчинних солей у суміші з глинистими мінералами, закладованими у солевідвалах, хвостосховищах, шламонакопичувачах, акумулюючих басейнах, призводить до їх активної взаємодії з атмосферними опадами, вилуговування відходів, утворення мінералізованих розсолів, їх витоків та інфільтрації у горизонт ґрунтових вод. Понад 30 млн т хвостів флотації закладовано у трьох хвостосховищах та шламонакопичувачі у м. Калуші.

Руйнування дамби хвостосховища та раптовий вилів соляно-глинистої пульпи може призвести до катастрофічного забруднення розсолами р. Дністер, яка є джерелом водопостачання багатьох міст України.



**Рис. 3. Затоплений Домбровський кар'єр**





**Рис. 4. Відклади мірабіліту-тенардиту у вигляді "гурів" на дамбі хвостосховища**



**Рис. 5. Відклади мірабіліту-тенардиту, що маркують ділянку витоку розсолів із хвостосховища**

## 1.2 Стебницьке родовище калійних солей

Стебницьке родовище калійних солей розташоване на відстані близько 9 км на північний схід від м. Дрогобич Дрогобицького району Львівської області, на відстані 75 км від м. Львова. Площа родовища близько 40 км<sup>2</sup>.

Калійні солі Стебницького родовища вперше були виявлені у 1854 р. Цілеспрямовані пошуково-оціночні роботи розпочалися у 1922 році польським акціонерним товариством "TESP" у межах сучасного центрального шахтного поля. До цього часу відноситься і початок експлуатації пластів "Зігмунд", 7, 9. Після 1939 року розпочалися систематичні дослідження Передкарпаття - НДІ Галургії (1939-1941 роки), Стебницькою ГРЕ тресту "Головхімрозвідка" (1945-1955 роки), Львівською ГРЕ тресту "Київгеологія" і ДГП "Західукргеологія" (1958 – XXI ст).

З 1966 року по 1988 рік на калійному заводі працювала флотаційна фабрика по збагаченню руд продуктивністю 2,25 млн. т руди за рік і випускала флотоконцентрат (116,4 тис. т) вмістом K<sub>2</sub>O 18 %.

Робота фабрики показала безперспективність флотаційної технологічної схеми через низькі техніко-економічні показники та складність екологічної ситуації.

Проектом реконструкції передбачалась принципово нова, більш прогресивна галургічна схема збагачення калійних руд, яка базувалась на повному розчиненні калійних мінералів. Кінцевим продуктом є Калімаг-40 (29 % - K<sub>2</sub>O і 11 % - Mg<sub>2</sub>O) і в 5-6 раз зменшується вміст NaCl. На відміну від старої схеми, нова передбачала вилучення супутніх корисних компонентів NaCl і MgCl<sub>2</sub>. Змінюється також і схема ведення гірничо-видобувних робіт (після відробки IV горизонту) по схемі знизу-догори, що дозволить значно покращити екологічну ситуацію в районі родовища. По-перше будуть ліквідовані наземні хвостосховища, які складають потенційну загрозу Дністровській річковій системі і, по-друге, передбачалась закладка виробленого простору на глибоких горизонтах, що дозволить збільшити надійність залишених ціликів і зменшити експлуатаційні втрати.

Загалом геологічна будова Стебницького родовища вивчена нерівномірно, а тому з недостатньою повнотою. До глибини 400 м (горизонт IV) ступінь вивченості морфології пластів можна вважати достатнім (категорії запасів А, В і С<sub>1</sub>) для продовження видобувних робіт. Більш глибокі горизонти, що розвідані по зрідженій свердловинній сітці (категорії запасів С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub>), для проєктування видобутку руд за схемою знизу-догори визнаються вивченими лише попередньо і вимагають детальної розвідки. Минулий досвід розробки таких запасів показує не підтвердження на 20-25 %, подекуди до 60 %. Тому зважаючи на невисоку ефективність свердловинної розвідки ризик будівництва експлуатаційних шахт на глибокі горизонти (1037 м) для ведення очисних робіт угору не є виправданим через неоднозначне визначення морфології покладів калійних солей, ненадійну (а подекуди сумнівну) ув'язку пластів по свердловинах, особливо у зонах екстраполяції, і таке інше. У конкретних умовах Стебницького родовища і з метою прискореного будівництва технологічно нового підприємства було б доцільно дорозвідку глибоких горизонтів виконати у період їх промислового освоєння.

Гідрогеологічні і інженерно-геологічні умови експлуатації родовища складні. Водоносні горизонти пов'язані з гіпсо-глинистою "шляпою", водоупором є соленосні породи. Найбільш заводнена частина розрізу належить зоні соляного дзеркала, для котрого у непорушеному стані притаманний обмежений режим фільтрації, однак за умов порушення соляного масиву і розкриття послаблених зон відбувається інтенсивна зміна гідрогеологічних умов і на таких ділянках дебіти свердловин зростають від тисячних і сотих долей до 0,7-0,9 л/сек при потужностях 8-10м. Ці особливості родовища призвели до двох значних проривів підземних вод у гірничі виробки, один з яких у 1978 році був катастрофічний. На той час приток розсолів сягав 600-700 м<sup>3</sup>/добу. Експлуатація рудника 2 дуже ускладнилася. Обмеження водопритоку провадилося шляхом закачки тампонажного розчину, спорудження обхідних гірничих виробок тощо.

У процесі затоплення рудника № 2 у 2017 та 2020 році утворилось два досить крупних карстових провали № 27 та № 30 розміром відповідно 250 м та 170 м у діаметрі, а на їхньому місці формуються карстові озера (рис. 6 та 7).





**Рис. 6. Карстове озеро на місці провалу № 27 над рудником № 2**



**Рис. 7. Карстове озеро на місці провалу № 30 над рудником № 2.**

На сьогодні рудник № 2 повністю затоплений, що усуває гідрогеологічні причини розвитку соляного карсту.



### 1.3. Солотвинське родовище кам'яної солі

Солотвинське родовище кам'яної солі знаходиться в південно-західній частині Закарпатської області, в Тячівському районі, на правому березі р. Тиси.

У геоморфологічному відношенні родовище розташоване в межах другої та частково першої надзаплавних терас р.Тиси, вздовж якої вузькою смугою простежується заплавна тераса, що підвищується лише на 1,5-3м над рівнем ріки.

Солотвинське родовище кам'яної солі приурочене до південно-східного закінчення антиклінальної зони, що характеризується наявністю соляної товщі в низах розрізу міоценових відкладів, і яка пересікає з північного-заходу на південний-схід Солотвинську западину, що являє собою витягнутий з південного-сходу на північний захід синклінорій, який має характер внутрішньої передгірської западини.

Соляний поклад родовища представлений ядром пронизування діапірової антикліналі.

Водоносні горизонти на родовищі приурочені до покрівельних четвертинних відкладів долини р. Тиси (води заплавної, I та II надзаплавних терас), бокових вміщуючих порід (води солотвинської та тересвинської свит) і кам'яної солі верхньотереблінської підсвіти (верхня закарстована частина соляного купола).

Промислова розробка Солотвинського родовища кам'яної солі підземним методом проводиться з другої половини XVIII століття. За цей період, в різний час, було закладено 9 шахт.

Всі шахти Солотвинського родовища, як і в більшості сольових шахт в світовій практиці, закриті внаслідок неконтрольованого прориву в них підземних та поверхневих вод.

При поступленні води в гірничі виробки відбувається розчинення соляного тіла по каналах її проникнення та самих гірничих виробок, в які попадає вода, до повного її насичення.

Відкачування розсолів з шахт, до певної межі, продовжує можливість їх експлуатації, але водночас інтенсифікує розмив соляного тіла і, як наслідок, прискорює суфозійно-карстоутворюючі процеси, які відображаються на денній поверхні інтенсивним утворенням нових карстових воронок, розширенням старих, в тому числі поновленням ліквідованих.

Після повного затоплення обох шахт і насичення води, що поступила в шахти до консистенції насичених розсолів, очікується стабілізація гідрогеологічної обстановки на родовищі та припинення техногенного розвитку карсту (рис. 8–10).



Рис. 8. Карстове озеро на місці провалу над шахтою № 7



**Рис. 9. Карстове озеро на місці провалу № 25 над шахтою № 8**



**Рис. 10. Карстове озеро на місці провалу "Чоний мочар" над шахтою № 9**

#### **1.4. Терелянське родовище кам'яної солі**

Родовище розташоване в південній частині Закарпатської області, в Закарпатській соленосній провінції. Розвідувалось у 1956-1967 роках як сировинна база для хімічної промисловості. Розробка родовища передбачалась вилуговуванням із свердловин з поверхні землі.

Терелянське родовище приурочене до чашеподібного штоку кам'яної солі, частини соляного діяпіру. Утворення соляного тіла в формі брахіантиклінальної складки є результатом соляної тектоніки складчастих деформацій осадової товщі верств земної кори, що містять значні горизонти солей. Терелянський соляний купол представляє собою складну антиклінальну складку.

Кам'яна сіль Терелянського родовища забруднена глиною. За ступенем забруднення в межах Терелянського родовища виділяються три різновиди кам'яної солі. Кількість глинистих домішок в кам'яній солі визначають відтінки сірого кольору корисної копалини та, попередньо,



визначають якість солі - сіль світло-сірого кольору відзначається кращим гатунком (першим). Переважає сіль сіра або темно-сіра нерівномірно забруднена глиною у вигляді тонкодисперсних часток, дрібних пластівців, рідше дрібних включень розміром до 5-10 мм (сіль другого гатунку) – рис.11.

У межах родовища встановлено перешарування кондиційної солі, некондиційної солі (глинисто-солевих брекчій) та аргілітоподібних глин.



**Рис. 11. Зразки солі, забрудненої глинистим матеріалом**

За аналогією з Солотвинським родовищем, під час запланованої експлуатації Тереблянського родовища головним небезпечним фактором може бути карстоутворюючі процеси. Ці процеси на Солотвинському родовищі проявлені в межах забудованих територій. Заплановані роботи на Тереблянському родовищі потрібно проводити за межами населеного пункту. Дотримуватись проектних рішень, а саме дотримання захисного цілику між алювіальними відкладами та покладом солі та захисною зоною від "Озеро Солоне".

**Висновки.** 23 липня 2021 року Президент України підписав указ, який вводить у дію рішення РНБО щодо стимулювання розвідки, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для економіки й обороноздатності України

У 2023 р. Кабінет Міністрів України (постанова від 14.02.2023 № 132 "Про затвердження переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, що надаватимуться у користування шляхом проведення конкурсів на укладення угод про розподіл продукції") затвердив перелік родовищ корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, куди внесені Калуш-Голинське і Стебницьке родовища. Крім цих родовищ є ще перспективні родовища із запасами сировини на багато десятків років.

У межах Калуш-Голинської групи родовищ затопленими є шахти "Калуш" (крім Хотинського сільвінітового поля), "Голинь" та "Ново-Голинь", а також Домбровський кар'єр. Перспективи відновлення має недобудована шахта "Пійло". Хвостосховища та солевідвали – є потужними джерелами засолення.

У межах Стебницького родовища затопленим є рудник № 2. Перспективи відновлення має рудник № 1. Хвостосховища та солевідвали – є потужними джерелами потенційного негативного впливу на довкілля та погіршення екологічної безпеки Передкарпатського регіону, аж до повторення катастрофи 1983 р, коли була прорвана дамба Стебницького хвостосховища.

У межах Солотвинського родовища затопленими є усі рудники.

Виконані дослідження соляного карсту на Солотвинському, Калуському та Стебницькому родовищах солей. Це дозволило встановити деякі закономірності формування карстових каналів і провалів, а також запропонувати інженерні методи прогнозних розрахунків.

Рівень безпеки життєдіяльності на території солерудників Західного регіону України має стійку тенденцію до погіршення та переходу на некерований стан з ризиком формування надзвичайних ситуацій транскордонного масштабу через відсутність системи комплексного екологічного моніторингу, невиконання і недостатнє фінансування природоохоронних і технологічних заходів, спрямованих на ліквідацію вже проявлених негативних наслідків. Відсутність комплексного екологічного моніторингу розвитку надзвичайних ситуацій на території солерудників Карпатського регіону є складовою незадовільного стану моніторингу довкілля, що визначено як загроза національній безпеці в екологічній сфері. Відсутність системного моніторингу розповсюдження карстово-провальних процесів та руху мінералізованих підземних вод створює серйозну загрозу з можливими наслідками для населення та навколишнього середовища.

#### **Список використаних джерел:**

1 Ващенко В.О. та ін. Геологічна будова соленосної моласи Українського Передкарпаття (звіт по темі: «Довивчення соленосної моласи Передкарпатського прогину» за 1999–2001 рр.). Львів, 2001. Фонди ЛГРЕ.

2 Ващенко В.О. та ін. Геологічна будова і корисні копалини території аркуша М-35-XXV (Івано-Франківськ). Звіт з геологічного довивчення площі масштабу 1 : 200 000 за 1999–2005 рр. Львів, 2005. Фонди ЛГРЕ.

3 Герасимов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Карпатська серія. Аркуші М-34-XXIII (Пшемисль), М-34-XXIV (Дрогобич). Пояснювальна записка. Київ, 2005. Фонди ЛГРЕ.

4 Мацьків Б.В. та ін. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Карпатська серія, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Львів, 2008. Фонди ДП «Західукргеологія».

5 Сопільняк В.М. та ін. Комплексне вивчення розкривних порід сірки, калійних солей, озокериту, будматеріалів, відходи збагачення і т. д. (Львівська, Тернопільська, Івано-Франківська, Чернівецька області, 1996–2007 рр.). Львів, 2007. Фонди ЛГРЕ.

6 Стахів Т.М. та ін. Регіональна оцінка стану геологічного середовища в районах розвідки та видобутку вуглеводнів в межах території діяльності ДП «Західукргеологія» (Карпатська нафтогазова провінція). Львів, 2002. Фонди ЛГРЕ.

7 Герасимова И.И. и др. Отчет о полистной геологической съемке масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-111-В, М-35-123-А, Б. Киев, 1978. Фонди ЛГРЕ.

8 Герасимов Л.С. и др. Геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 листов М-34-ХVIII (Рава-Русская), М-34-XXIII (Пшемисль), М-34-XXIV (Дрогобыч), М-35-ХIII (Червоноград), М-35-ХIХ (Львов). Львов, 1997. Фонди ЛГРЕ.

9 Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання. Київ, 2017

10 Методичні вказівки щодо застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ викопних солей. Затверджено наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 3 березня 2016 № 74.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НАФТОПРОДУКТАМИ В РАЙОНІ ЕКО-ІНДУСТРІАЛЬНОГО ПАРКУ БІЛА ЦЕРКВА**

*Гаврилюк Р.Б., к. геол. н., старший дослідник, gavrilyuk.ruslan@gmail.com,*

*Шпак О.М., к. геол. н., shpak\_lena@yahoo.com,*

*Негода Ю.О., ynegoda2008@gmail.com,*

*Логвиненко О.І., lohvyненко.olha@gmail.com,*

*Нікіташ О.Г., olgagrig88@ukr.net,*

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна*

Проведені дослідження забруднення підземних вод нафтопродуктами поблизу м. Біла Церква, джерелом якого тривалий час є колишній авіаремонтний завод. Розглянуті особливості формування еколого-гідрогеологічної ситуації на території досліджень під впливом нафтопродуктового забруднення з метою створення системи контролю потенційно негативного впливу на довкілля та планування ремедіаційних заходів. В рамках створення еко-індустріального парку Біла Церква на базі вантажного авіаційного комплексу значну увагу приділяється моніторингу джерела нафтопродуктового забруднення на території еко-індустріального парку у зв'язку з поширенням забруднення ґрунтових вод у напрямку дендропарку «Олександрія».

## **RESEARCH OF GROUNDWATER CONTAMINATION WITH PETROLEUM PRODUCTS IN THE REGION OF BILA TSERKVA ECO-INDUSTRIAL PARK**

*Havryliuk R., Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, gavrilyuk.ruslan@gmail.com,*

*Shpak O., Cand. Sci. (Geol.), shpak\_lena@yahoo.com,*

*Negoda Y., ynegoda2008@gmail.com,*

*Lohvynenko O., lohvyненко.olha@gmail.com,*

*Nikitash O., olgagrig88@ukr.net,*

*Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The research of groundwater contamination with petroleum products in the region of Bila Tserkva, a long-term source of which is a former aircraft repair plant, was carried out. The features of the formation of environmental and hydrogeological situation on the territory under the influence of petroleum contamination are considered in order to develop the system of control of potentially negative impact on the environment and plan remedial actions. As part of the creation of Bila Tserkva eco-industrial park on the base of Bila Tserkva Cargo Aviation Complex, considerable attention is paid to monitoring of the petroleum contamination source on the territory of the eco-industrial park in connection with spreading of groundwater contamination towards the arboretum Oleksandriya.

**Вступ.** Забруднення геологічного середовища нафтопродуктами є екологічною проблемою світового масштабу та надзвичайно актуальною в Україні. Як свідчать результати досліджень, проведених за понад 20 років у відділі охорони підземних вод ІГН НАНУ, забрудненими є переважна більшість об'єктів, діяльність яких пов'язана із значним обігом нафтопродуктів. Кількість осередків забруднення вимірюється щонайменше сотнями, серед яких десятки масштабних, які приурочені до нафтопереробних заводів, військових аеродромів, баз зберігання пального та ін. [Брикс, 2022; Еколоґо, 2013]. Таким об'єктом є територія колишнього Білоцерківського авіаремонтного заводу (БАРЗ), поруч з якою знаходиться Державний дендропарк «Олександрія» та р. Рось. В роботі розглянуті особливості формування еколого-гідрогеологічної ситуації під впливом нафтопродуктового забруднення з боку техногенно навантаженої ділянки БАРЗ з метою створення системи контролю потенційно негативного впливу на довкілля та планування ремедіаційних заходів.

**Матеріали та методи.** Еколого-геологічні дослідження, що проводились на об'єкті, включали обстеження забрудненої території, виявлення існуючих та потенційних джерел забруднення, буріння спостережних свердловин, проведення моніторингу стану підземних вод із замірами рівнів води та нафтопродукту, відбір проб води та ґрунтів.

Вміст розчинених нафтопродуктів у пробах води визначався ультрафіолет-спектрофотометричним методом із використанням автоматичного аналізатора «Мікран» (виробник ТОВ НВП «ЕКОНІКА», м. Одеса) у лабораторії відділу охорони підземних вод ІГН



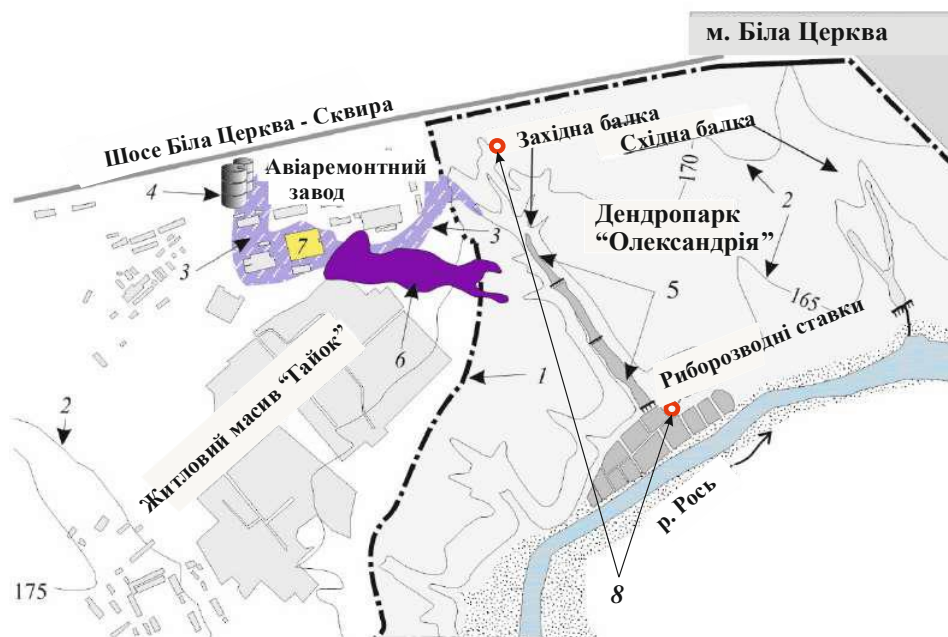
НАН України.

**Результати та обговорення.** Еколого-геологічні дослідження забруднення нафтопродуктами каскаду ставків дендропарку «Олександрія» та прилеглих територій розпочато в 1990 р. у зв'язку з появою нафтопродуктів у водоймах Західної балки дендропарку. Так, у воді ставка «Потерчате» концентрації нафтопродуктів варіювали від 0,12 до 4,94 мг/дм<sup>3</sup>, ставка «Русалка» від 0,07 до 4,40 мг/дм<sup>3</sup> та ставка «Водяник» від 0,04 до 3,68 мг/дм<sup>3</sup>, що у десятки та сотні разів перевищували гранично-допустимі концентрації (ГДК) [Пляскач, 2004].

Відділом охорони підземних вод Інституту геологічних наук НАН України в 2000-2001 рр. вивчалася еколого-геологічна обстановка території відповідно до «Програми по знищенню важких бомбардувальників і крилатих ракет повітряного базування» та у 2006-2007 рр. за програмою «Ліквідація наслідків забруднення підземних та поверхневих вод і ґрунтів на території Державного дендропарку «Олександрія» в м. Біла Церква Київської області». Проведеними дослідженнями виявлено, що основними джерелами забруднення геологічного середовища нафтопродуктами на території, прилеглій до дендропарку «Олександрія», були об'єкти БАРЗ – склади паливно-мастильних матеріалів (ПММ), цех з ремонту літаків, цехи з ремонту та випробування двигунів, авто-заправна станція (рис. 1). Були виявлені та оконтурені три лінзи мобільних нафтопродуктів потужністю до 2.5 м у водоносному горизонті підморенних водно-льодовикових відкладів (рис. 2). Зафіксовано площинне забруднення ґрунтових вод розчиненими нафтопродуктами, яке охоплювало всі три балки дендропарку – західну, центральну і східну та урочище «Будинок лісника». Максимальний вміст нафтопродуктів у ґрунтових водах (30 мг/л) та в донних відкладах (5600 мг/кг) було зафіксовано в верхів'ї урочища Потерчате у місці розвантаження ґрунтового потоку [Негода, 2014]. Оскільки води водойм усіх каскадів розвантажуються у р. Рось, то екологічна ситуація в дендропарку «Олександрія» також суттєво впливала на екологію басейну річки, яка є основним джерелом питної води для жителів м. Біла Церква.

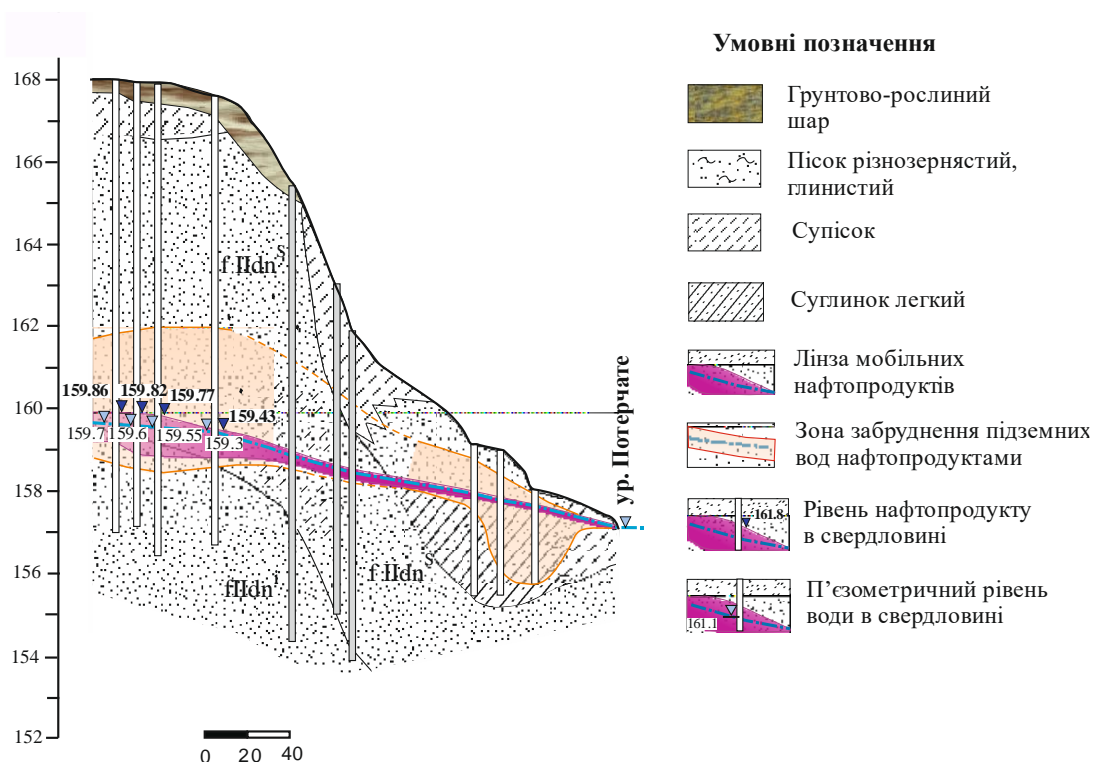
Незважаючи на проведені природо-відновлювальні заходи (застосування дренажних систем на шляху розповсюдження та розвантаження забруднених нафтопродуктами підземних вод), забруднення продовжувало існувати та нести загрозу довкіллю. Біоценози дендропарку «Олександрія» перебували під загрозою деградації внаслідок екологічних порушень, які виникли в результаті тривалого забруднення його території нафтопродуктами з прилеглої території військового аеродрому. Тривале забруднення негативно впливало на стан деревної та трав'янистої рослинності парку, а через високу загальну токсичність розчинених у воді вуглеводнів у ставках західного каскаду гинула риба [Галкін, 2011].

У 2019 р. в рамках договору про наукове співробітництво із Державним дендропарком НАН України «Олександрія» співробітниками відділу охорони підземних вод проведено обстеження забрудненої території. Встановлено, що забруднення нафтопродуктами каскаду ставків у західній балці дендропарку «Олександрія» триває до теперішнього часу. Виявлено ознаки розвантаження потоку нафтопродуктів в гирловій частині однієї з бічних улоговин, що пересікають поверхню західного схилу балки (ставок Потерчате). Це дає підставу вважати, що міграція нафтопродуктів з області живлення ґрунтових вод, де знаходяться джерела забруднення, до місця їх дренажування в західній балці крізь моренні відклади відбувається в зонах підвищеної провідності, утворених прошарками флювіогляціального піску [Bricks, 2020]. Щоб підтвердити це припущення та вирішити проблему захисту підземної гідросфери дендропарку запропоновано облаштувати пункти спостережень в місцях, де очікується надходження нафтопродуктів у водойми.



**Рис. 1. Оглядова схема території досліджень:**

- 1 – межа території дендропарку; 2 – лінії гідроізогіпс; 3 – зона забруднення геологічного середовища нафтопродуктами (за даними Правобережної геологічної експедиції, 1990 р.); 4 – склад паливно-мастильних матеріалів; 5 – каскад штучних ставків (Потерчате, Русалка і Водяник); 6 – шар мобільних нафтопродуктів (за даними Інституту геологічних наук, 2007 р.); 7 – авіаремонтна майстерня – джерело забруднення ґрунтових вод; 8 – свердловини, рекомендовані до включення в державну систему моніторингу підземних вод України (за даними Інституту геологічних наук, 2021 р.)



**Рис. 2. Поширення забруднення геологічного середовища нафтопродуктами в напрямку урочища Потерчате (дендропарк «Олександрія»)**

У 2021-2023 роках нами продовжені дослідження забрудненої території. Польові роботи включали відбір проб ґрунту, поверхневих та підземних вод каскаду ставків у Західній балці з метою визначення місць надходження нафтопродуктів, обстеження наявних спостережних свердловин та буріння і облаштування додаткових свердловин, періодичні заміри рівня води та нафтопродуктів у спостережних свердловинах. Кілька спостережних свердловин, пробурених понад 30 років тому на водоносний горизонт у зоні тріщинуватості кристалічних докембрійських порід, були розконсервовані. Оскільки цей водоносний горизонт залягає першим від поверхні землі, він зазнав основного забруднення. Опробування свердловин виявило забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами [Havryliuk, 2022]. Дві з цих свердловин рекомендовано включити до державної системи моніторингу підземних вод України (рис. 3).



**Рис. 3. Свердловина у низовині урочища Потерчате (на правому схилі), яку рекомендовано включити у державну моніторингову мережу (2021)**

За даними моніторингу 2023 р., в усіх спостережних свердловинах, розташованих на західному схилі ставка Потерчате, виявлено шар мобільних нафтопродуктів товщиною 0,15-0,33 м. Концентрації розчинених вуглеводнів у воді ставка Потерчате досягають 1,18-1,33 мг/л.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать про складну екологічну ситуацію в районі еко-індустріального парку Біла Церква. Необхідне детальне обстеження забрудненої території, дослідження каскаду ставків дендропарку «Олександрія», визначення основних шляхів потрапляння нафтопродуктів з потоком ґрунтових вод у поверхневі води ставків, і у напрямку цих шляхів закладення мережі моніторингових свердловин, проведення моніторингу нафтопродуктового забруднення на території дендропарку з відбором проб ґрунтів, ґрунтових вод, поверхневих вод та мулових відкладів.

**Перспективи.** В Україні впроваджена глобальна програма еко-індустріальних парків (ГПЕП), ініціатором якої є Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО). Метою ГПЕП є демонстрація переваг еко-індустріальних парків (ЕП), що виражаються у підвищенні продуктивності ресурсів та покращенні економічних, екологічних та соціальних показників підприємств, і сприяння інклюзивному та сталому розвитку [Implementation..., 2017]. У 2020 р. індустріальний парк «Біла Церква» (територія промислового майданчика комунального підприємства «Білоцерківський вантажний авіаційний комплекс (БВАК)»), який був створений на основі раніше існуючих виробничих потужностей авіагалузі й наразі забезпечений необхідною інфраструктурою, а також має вигідне географічне розташування, логістичне сполучення, промислове виробництво та потужний економічний потенціал для залучення інвестицій, став учасником ГПЕП в Україні [<http://bcavia.com...>]. Участь у ГПЕП дозволить скористатися досвідом провідних компаній і впровадити світові практики в сфері

екологічності, енергоефективності та сталого розвитку. Перетворення промислового майданчика БВАК (колишнього БАРЗ), поруч з яким знаходиться державний дендрологічний парк «Олександрія» та річка Рось, у еко-індустріальний парк допоможе вирішити екологічну проблему, пов'язану із забрудненням геологічного середовища нафтопродуктами.

В рамках створення еко-індустріального парку Біла Церква значну увагу приділяється моніторингу джерела нафтопродуктового забруднення у зв'язку з поширенням забруднення ґрунтових вод у напрямку дендропарку Олександрія. Очікувані результати досліджень дозволять створити систему контролю потенційно негативного впливу на довкілля з боку еко-індустріального парку, підвищити як екологічну так і економічну ефективність заходів із ремедіації забрудненої території, будуть сприяти вирішенню гострих екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням підземних вод нафтопродуктами.

**Висновки.** Забруднення геологічного середовища нафтопродуктами поблизу м. Біла Церква зафіксовано на початку 1990-х років. Джерелом забруднення є територія колишнього БАРЗ. У період 2000-2007 рр. проведеними еколого-геологічними дослідженнями виявлені лінзи мобільних нафтопродуктів потужністю до 2.5 м на поверхні водоносного горизонту підморенних водно-льодовикових відкладів. Встановлено забруднення ґрунтових вод розчиненими нафтопродуктами, яке охоплювало всі три балки дендропарку та урочище «Будинок лісника». Максимальний вміст нафтопродуктів у ґрунтових водах та донних відкладах було зафіксовано у верхів'ї урочища Потерчате.

Незважаючи на проведені природовідновлювальні роботи, забруднення продовжує існувати та нести загрозу довкіллю. Проведеними дослідженнями встановлено, що забруднення нафтопродуктами каскаду ставків у західній балці дендропарку «Олександрія» триває до теперішнього часу – шар мобільних нафтопродуктів потужністю 0.15-0.33 м спостерігається в усіх ліквідаційних свердловинах, розташованих на західному схилі ставка Потерчате, а концентрації розчинених вуглеводнів у поверхневих водах ставка становлять 1,18-1,33 мг/л. Забруднення підземних вод було вперше підтверджено в кристалічному водоносному горизонті в двох розконсервованих свердловинах. Ці свердловини рекомендовано включити до державної системи моніторингу підземних вод України.

Необхідне детальне обстеження забрудненої території, дослідження каскаду ставків дендропарку «Олександрія», визначення основних шляхів потрапляння нафтопродуктів з потоком ґрунтових вод у поверхневі води ставків, проведення моніторингу нафтопродуктового забруднення на території дендропарку з відбором проб ґрунтів, ґрунтових вод, поверхневих вод та мулових відкладів.

В рамках ГПЕП перетворення промислового майданчика колишнього БАРЗ, поруч з яким знаходиться дендропарк «Олександрія» та річка Рось, у еко-індустріальний парк допоможе вирішити екологічну проблему, пов'язану із забрудненням геологічного середовища нафтопродуктами.

#### **Список використаних джерел:**

1. Брикс, А.Л., Огняник, М.С. (2022) Аспекти поводження із забрудненими нафтопродуктами ділянками геологічного середовища. Геологічний журнал, № 3 (380). С. 18-33. <https://doi.org/10.30836/igs.10256814.20223.25860>

2. Галкін, С.І. (2011) Дендрологічні парки Національної Академії наук України: проблеми збереження історичних насаджень, пов'язані з посиленням антропогенного впливу на їхні території (на прикладі Дендропарку «Олександрія» НАН України). Інтродукція рослин, № 2. С. 118-123

3. Негода, Ю.О., Голуб, Г.І., Шпак, О.М. (2014) Оцінка забруднення геологічного середовища нафтопродуктами та важкими металами в районі державного дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква). Національні природні парки – минуле, сьогодення, майбутнє: матеріали міжнародної науково-практичної конференції до 30-річчя створення Шацького НПП (Світязь, 23-25 квітня 2014 р.). Київ: ЦП «КОМПРИНТ». С. 168-172.

4. Плєскач, Л.Я. (2004) Забруднення водоїм дендропарку Олександрія та його вплив на стан рослинності. Інтродукція рослин. С. 80-89.
5. Эколого-гидрогеологический мониторинг территорий загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н.С. Огняник, Н.К. Парамонова, А.Л. Брикс, Р.Б. Гаврилюк. К: LAT & K, 2013. 254 с.
6. Bricks, A. L., Gavryliuk, R. B., Negoda, Y. O. (2020) Hazard of petrochemical pollution of ponds of the “Olexandria” arboretum (Bila Tserkva). Journal of Geology, Geography and Geoecology, № 29(2). С. 243-251
7. Havryliuk R.B., Shpak O.M., Negoda Y.O., Lohvinenko O.I., Nikitash O.G. Study of environment contamination with petroleum products in the region of Bila Tserkva eco-industrial park // Proceedings of 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2022, Volume 2022. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580153>
8. <http://bcavia.com/article/kp-bilocerktivskij-vantazhnij-aviacijnij-kompleks-dolucha%D1%94tsja-do-mizhnarodnogo-pro%D1%94ktu-on-zi-stvorennja-eko-industrialnogo-parku.html>
9. Implementation handbook for eco-industrial parks. (2017) United Nations Industrial Development Organization.



## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГІРНИЧИХ РОБІТ ІЗ ЗАЛИШЕННЯМ ПОРОДИ У ВИРОБЛЕНОМУ ПРОСТОРІ У СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ**

*Тимошенко Є.В., к. тех. н., yevhen.tymoshenko@lnu.edu.ua;*

*Іванов Є.А., д. геог. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,*

*Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна*

Проаналізовано існуючу ситуацію щодо використання породи шахтних відвалів в Україні. Розглянуто умови, що утворюються при веденні очисних і підготовчих робіт із закладкою виробленого простору на вугільних шахтах. Наведено існуючі способи видобутку і технологічні схеми, що передбачають можливість залишення породи всередині підземної виробки. Розглянуто методи і технології зворотної закладки виробленого простору очисних вибоїв і ліквідованих виробок в гірничо-геологічних умовах України.

## **MODERN TECHNOLOGIES OF MINING WORKS WITH REMAINS ROCKS IN THE DEVELOPED SPACE IN COMPLEX MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF UKRAINE**

*Tymoshenko Ye., Cand. Sci. (Tech.), yevhen.tymoshenko@lnu.edu.ua;*

*Ivanov Ye., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,*

*Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine*

The current situation regarding the use of mine waste rock in Ukraine is analyzed. The conditions created during cleaning and preparatory work with the construction of the produced space in coal mines are considered. The existing mining methods and technological schemes, which provide for the possibility of leaving the rock inside the underground mine, are given. The methods and technologies of back-laying of the produced space of cleaning pits and eliminated workings in the mining and geological conditions of Ukraine are considered.

**Вступ.** Гірничодобувні підприємства України й на сьогодні залишаються потужними джерелами забруднення навколишнього природного середовища, що завдають відчутного екологічного, соціального та економічного збитку державі. У результаті їхньої діяльності екологічного порушення зазнають земельні угіддя, водні і повітряні басейни. При підземному розробленні вугільних пластів головними чинниками, що суттєво погіршують екологічну ситуацію у вугледобувних регіонах є підйом з шахт значних обсягів породи, просідання і трансформація значних площ земель і споруд [3]. Внаслідок того, що в експлуатації знаходиться значна кількість тонких і дуже тонких пластів, які відпрацьовуються з присіканням бічних порід, частина породи видається з шахт вугільними транспортними лініями, призводячи до погіршення якості видобутого вугілля, збільшення витрат на збагачення і транспортування гірничої маси.

Розроблення вугільних родовищ із закладанням вироблених просторів є поширеною технологією, але її застосування є не практичним для застосування на вугільних шахтах. Загалом використання технології закладання вироблених просторів спрямовано на зменшення деформацій підроблених масивів гірських порід і просідання земної поверхні, управління гірським тиском, збільшення вилучення корисної копалини з надр, створення умов для безпечного ведення гірничих робіт, зменшення викидів в атмосферне повітря.

**Актуальність поставленого завдання.** Варто зазначити, що вугільна промисловість України вже не відіграє тієї ролі, яка була їй відведена за радянських часів. Так, з 1945 до 1970-х років видобуток вугілля в Україні був один з найбільших у світі. Відтоді, вугільний сектор почав занепадати у зв'язку зі збільшенням глибини видобутку вугілля на шахтах, що безпосередньо відбилося на зростанні собівартості. Також слід відзначити, що значну проблему становить накопичення та зберігання твердих відходів вугільної промисловості. Станом на 2021 р. в Україні у відвалах і шламонакопичувачах акумульовано біля 1,3 млрд т порід. Кожного року цей об'єм додатково збільшується на 60 млн т.

Розраховано, що видобуток 1 млн т вугілля призводить до забруднення і руйнування 4 га земельних угідь, а у результаті роботи середньостатистичної шахти трансформується 83 га. Слід також зауважити, що використання відвальних порід для господарських цілей або заповнення



відпрацьованих порожнин у вугільних шахтах є мізерним й не перевищує 17 % щорічного підйому породи на земну поверхню [2].

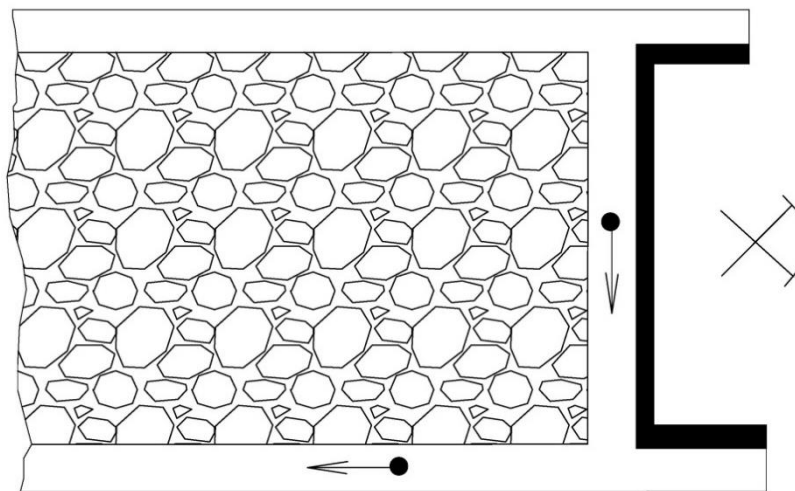
Для ефективнішого використання геологічних вугільних ресурсів, а також розвитку координації між видобуванням вугілля та охороною навколишнього природного середовища, збереження земельних ресурсів, стійким розвитком вугільних шахт і реалізацією «зеленого видобутку» слід розробити новий метод управління покрівлею із закладанням промислових відходів [5, 6].

**Виклад основного матеріалу.** Важливими чинниками вибору способу видобування та технологічних схем видобування вугілля є:

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| ✓ потужність і кут нахилу пласта; | ✓ обводнення і глибина розробки; |
| ✓ властивості бічних порід;       | ✓ схильність пластів до раптових |
| ✓ твердість вугілля;              | викидів вугілля та газу;         |
| ✓ пластова газоносність і         | ✓ методи механізації очисних та  |
| вміщуючих порід;                  | підготовчих робіт.               |
| ✓ займистість вугілля;            |                                  |

Технологічні схеми видобування вугілля із залишенням гірничої породи застосовують при суцільних і комбінованих системах розроблення, тобто там, де очисні роботи поєднані у просторі, іноді в часі з підготовчими роботами. Таке поєднання робочих процесів передбачає залишення «пустої» породи у виробленому просторі очисного вибою. Розглянемо елементи і різновиди таких систем з можливістю залишення породи у виробленому просторі очисного вибою.

При *суцільній системі розроблення вугільних покладів*, роботи в межах видобутої площі проводять одночасно з проходженням гірничих виробок, які дещо випереджають вибій (рис. 1). Такий спосіб гірничого видобування може бути використаний при будь-якому способі підготовки шахтних полів. Областю застосування суцільної розробки є тонкі пласти і рідше пласти середньої потужності з різними кутами їх нахилу (особливо на великих глибинах), пласти з бічними породами, які схильні до пучення.



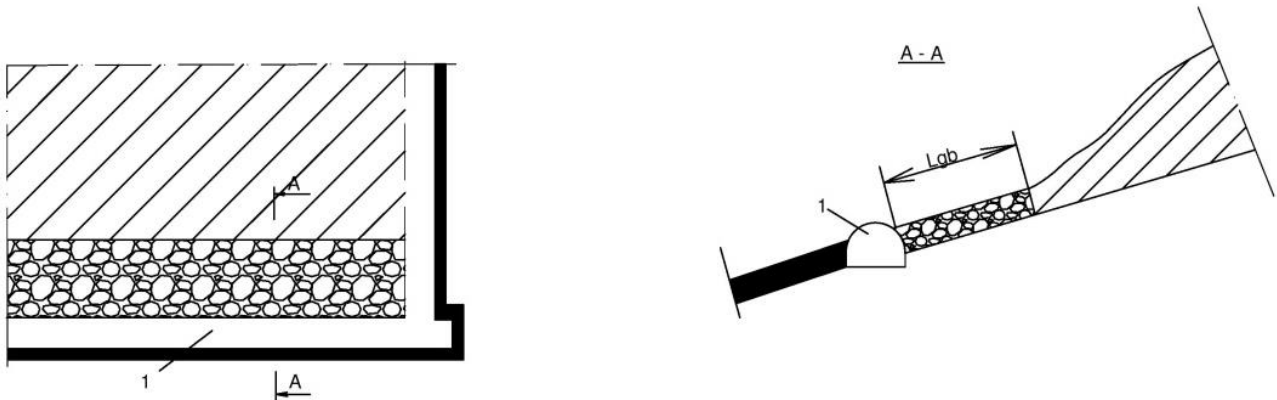
**Рис. 1. Принципова схема суцільної схеми розробки**

Суцільна схема розроблення вугільних пластів має ряд переваг і недоліків. Перевагами є: швидке введення в роботу очисного вибою; відсутність великої довжини підготовчих виробок; можливість використання різних методів охорони виробок при слабких бічних породах. У свою чергу до недоліків зараховуємо: погані умови експлуатації виробок, які слід підтримувати у робочому стані, що призводить до великих витрат на ремонт; відсутність попереднього обстеження пласта розкривними виробками; сукупний вплив підготовчих та очисних робіт.

Суцільна схема розроблення має чимало елементів і комбінацій, за допомогою яких реалізують як зворотну засипку у вироблений простір, так й охорону підготовчих виробок, що

знаходяться у зоні впливу очисних робіт. Найбільше поширення отримали два елементи такої системи:

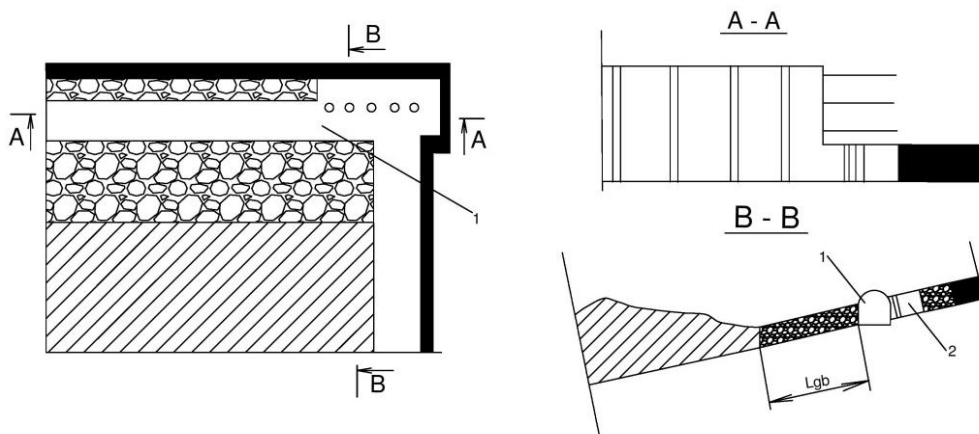
✓ одностороннє підготування без випередження лавою транспортного штреку, який охороняється. Така схема застосовується при потужності пласта до 1,5 м, куті нахилу пласта до 10–12°, покрівлі не нижче середньої стійкості, підшва виробки має бути не схильна до пучення або малопучинистою (рис. 2);



**Рис. 2. Схема очисного вибою без випередження транспортного штреку:**

1 – внутрішньошовний транспортний штрек

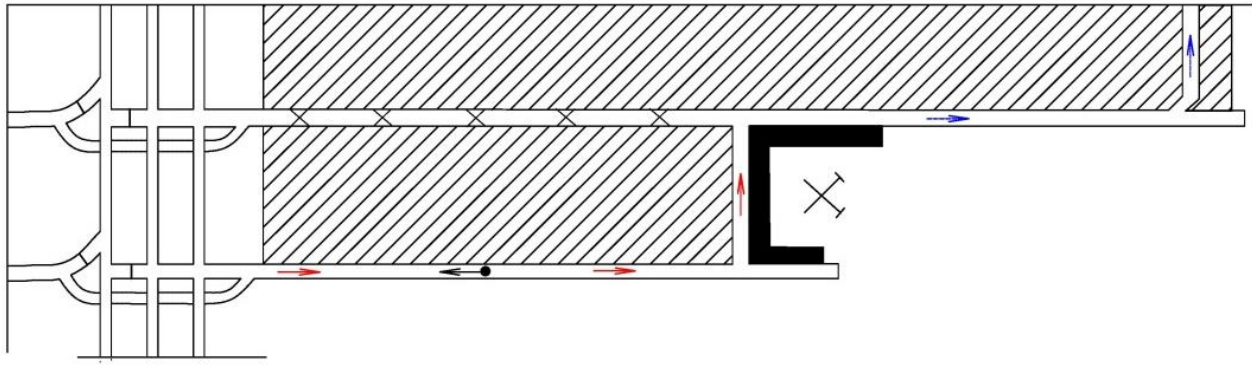
✓ вентиляційна виробка, що охороняється бутовою смугою. Цей метод має найбільше поширення на практиці. Торці відсутні, а вся порода з виробки служить для будівництва бутової полоси.



**Рис. 3. Схема вентиляційної виробки з охороною бутовою смугою:**

1 – вентиляційний штрек; 2 – евакуаційний вихід від з очисного вибою

*Комбінований спосіб розроблення вугільних пластів* має елементи як суцільної, так і стовпової систем розроблення. При підземному розробленні родовищ корисних копалин комбінований спосіб застосовується, коли використання тієї чи іншої системи технологічно, технічно та економічно недоцільно. На пологих тонких і середньої потужності пластах поширений двозахідний спосіб розроблення. При такому способі видобування вугілля порода закладають у вироблений простір очисного вибою (рис. 4).



**Рис. 4. Комбінований спосіб видобутку лави з цілком**

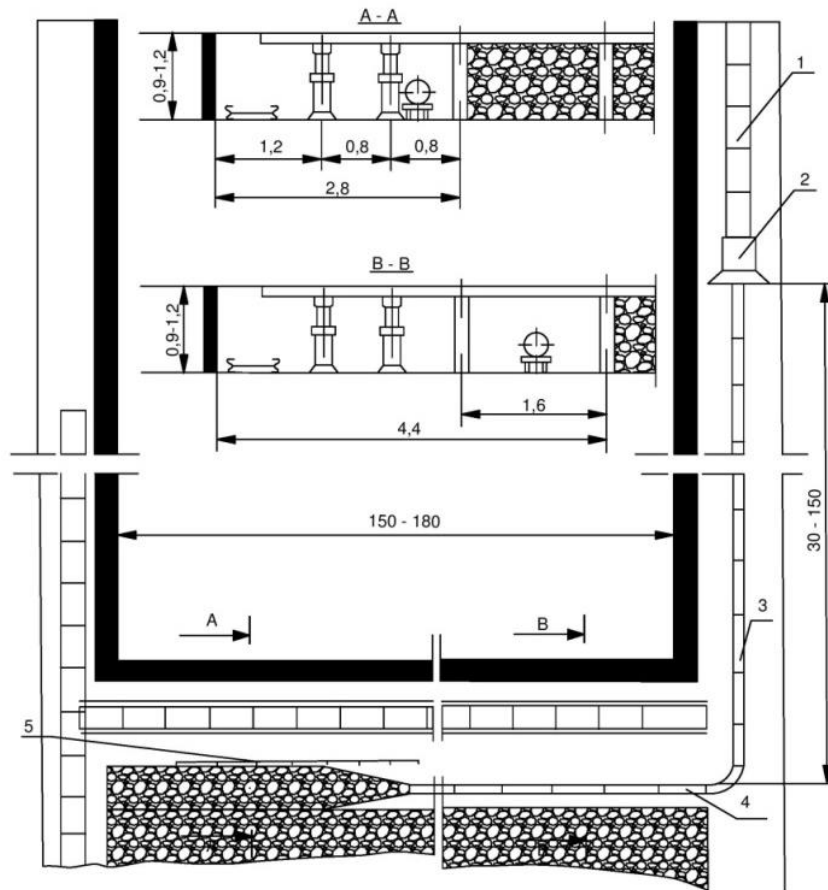
Перевагами комбінованого способу розробки є: швидке введення в роботу очисних вибоїв; можливість одночасної роботи декількох очисних вибоїв в панельному крилі без спільного впливу зупиночних робіт у суміжних вибоях за умови проведення гірничих виробок; зменшення об'єму проходки видобувних гірничих виробок; на пластах, схильних до раптових викидів вугілля і газу, необхідність у проведенні протидувових заходів на торці лави відсутня. До недоліків відносять: високу трудомісткість кріплення штреків, особливо в період їхнього повторного використання; при зворотному видобутку штреки проходять через великий гірський тиск на сполученні з очисними вибоями [1].

Двухзахідний спосіб видобування поширений на Донбасі, де його частка становить близько 11–12 % від загального обсягу видобутого вугілля.

Нормативними документами вугільної промисловості передбачено проведення гірничих робіт з частковим закладанням (до 50 % відпрацьованої площі) та її повним закладанням [4]. Такі схеми передбачають транспортування породи з поверхні безпосередньо до місця проведення робіт засипки. У цьому випадку метод закладання поділяється на два види: механічний і пневматичний.

При *механічному способі закладання породи* у відпрацьовану зону вибоїв здійснюється механічними засобами, такими як скрепери, а в засипних виробках – машиною штовхальної дії, стрічковими і скребковими конвеєрами. Областю застосування такого способу засипки є гірничі системи з проведенням виїмкових виробок після лави по пластах потужністю 0,8–1,5 м з ухилом пласта до 15° при транспортуванні породи у вибої знизу вгору, і до 25° при транспортуванні породи згори вниз.

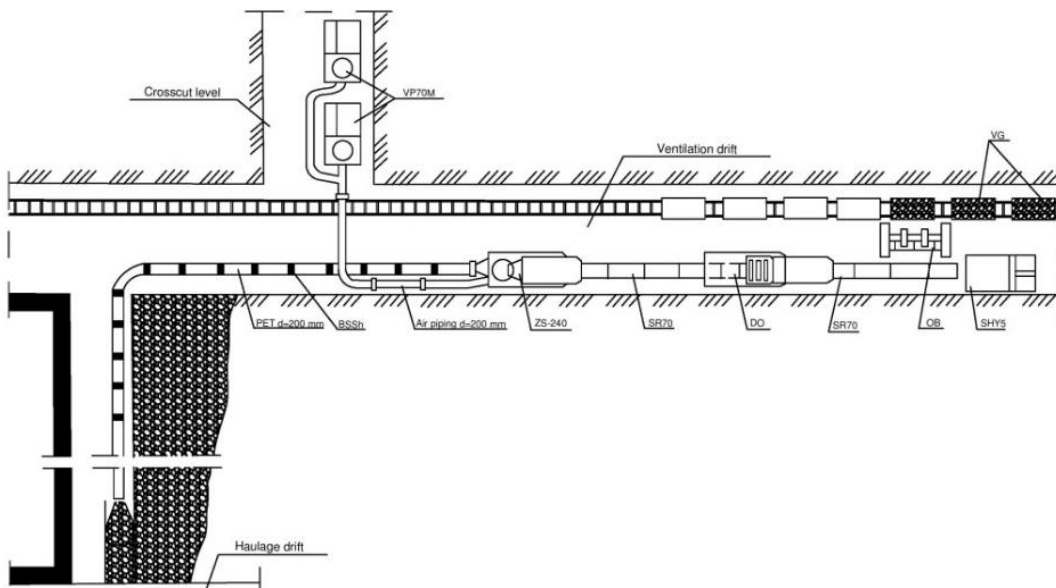
*Пневматичний спосіб закладання породи* забезпечує її транспортування у відпрацьовані простори або у засипні гірничі виробки по пневмонапірному трубопроводу з використанням стаціонарної сили стисненого повітря, шахтного наземного компресора або автономних шахтних повітродувок, компресорів. Областю застосування пневматичного способу закладки є пласти потужністю понад 0,7 м з ухилом пласта 0–35°, а також закладки підготовчих виробок. При такому способі роботи закладку ведуть за допомогою дільничного пересувного дробильно-укладального комплексу, що включає: бічний перехідний відвал, дискову дробарку, блок керування, ланцюгові і стрічкові навантажувачі, барабанну пневмоукладальну машину, пневмотранспортний трубопровід тощо (рис. 5).



**Рис. 5. Схема розміщення обладнання пневмозакладального комплексу:**

- 1 – конвеєр подачі закладного матеріалу; 2 – закладна машина; 3 – магістральний пневмотранспортний трубопровід; 4 – трубопровід забійної засипки; 5 – захист із дріт'яної тканини

Компресори низького тиску використовують при відсутності на шахті стаціонарних компресорних систем. Дробильно-укладальний комплекс має продуктивність за породною закладкою у 60–85 т за робочу зміну, а довжина трубопроводу зворотної закладки – до 170 м (рис. 6).



**Рис. 6. Схема пересувного дробильно-укладальний комплекс з автономним джерелом стисненого повітря**

**Висновки.** Закладення виробленого простору як засіб досягнення маловідходних або безвідходних технологій видобування вугілля, окрім охорони навколишнього природного середовища, забезпечує зниження навантаження на транспорт, зменшення втрат вугілля у ціликах, покращує умови експлуатації гірничих виробок, а в окремих випадках досягає їх безвідходності. Економічна доцільність залишення породи у вугільних шахтах зрозуміла, наприклад, в процесі засипання у підготовчих виробках. На шахтах із пологими пластами, напрацьовано значний досвід застосування механічних і пневматичних методів закладки. Область застосування способу розроблення вугілля визначаються умовами його видобування, призначенням та обсягом закладання відпрацьованих просторів.

**Список використаних джерел:**

1. Бондаренко В., Кузьменко О., Грядущий Ю. та ін. Технологія підземної розробки пластових родовищ корисних копалин: навч. посібн. Дніпропетровськ, 2005. 708 с.
2. Огаренко Ю. Проблеми вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля: доповідь / Національний екологічний центр України. К., 2010. URL: <https://www.nescu.org.ua/wp-content/uploads/problemu-ugleproma.pdf>
3. Сивий М., Паранько І., Іванов Є. Географія мінеральних ресурсів України: монографія. Львів: Простір М, 2013. 684 с.
4. Технологічні схеми розробки пологих пластів на шахтах України: провід. норматив. документ, КД 12.01.201–98. К.: Мінвуглепром України, 1998. 244 с.
5. Huang J., Tian Ch., Xing L., Bianand Zh., Miao X. Green and Sustainable Mining: Underground Coal Mine Fully Mechanized Solid Dense Stowing-Mining Method. Sustainability. 2017. Vol. 9. P. 1418. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9081418>
6. Zhang J., Sun Q., Fourie A., Ju F., Dong X. Risk assessment and prevention of surface subsidence in deep multiple coal seam mining under dense above-ground buildings: case study. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2019. Vol. 25. P. 1579–1593. DOI: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1471579>

## СУЧАСНА СЕЙСМІЧНА АКТИВНІСТЬ У РАЙОНАХ ВИДОБУВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ УКРАЇНИ І ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ

*Назаревич Л.Є.<sup>1</sup>, к. геол. н., nazarevych.L@gmail.com;*

*Назаревич А.В.<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., с.н.с. nazarevych.a@gmail.com;*

*1 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,  
відділ сейсмічності Карпатського регіону, м. Львів, Україна,*

*2 – Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна*

В роботі наведено аналіз сучасної сейсмічності і сейсмотектонічного процесу у Долинському, Надвірнянському і Бориславському нафтогазоносному районах (Українське Передкарпаття). Виявлено приуроченість вогнищ місцевих землетрусів до різноглибинних поверхонь ковзання насувів, що оточують складки з пастками – покладами вуглеводнів. Напрямки поширення розривів у вогнищах місцевих землетрусів корелюють з сучасним напружено-деформованим станом структур кори цих районів, зумовленим геодинамічними процесами у Карпатському регіоні України. Спровокована активізація місцевої сейсмічності у цих районах видобування вуглеводнів зумовлена зміною напружень у земній корі і гідродинаміки флюїдів у тріщинувато-розломних зонах у зв'язку з видобуванням нафти та газу, закачкою води, тощо. Також коротко проаналізовано сейсмічні події 2022-2023 рр. півдня Полтавської області.

## MODERN SEISMIC ACTIVITY IN HYDROCARBONS PRODUCTION REGIONS OF UKRAINE AND EKOLOGICAL THREATS

*Nazarevych L.<sup>1</sup>, C, nazarevych.L@gmail.com;*

*Nazarevych A.<sup>2</sup>, C*

*nazarevych.a@gmail.com,*

*1 – S.I. Subbotin name Institute of Geophysics of NASU,*

*department of seismicity of the Carpathian region, Lviv, Ukraine,*

*2 – Carpathian Branch of S.I. Subbotin name Institute of Geophysics of NASU, Lviv, Ukraine*

**Summary.** In the paper the analysis of modern seismicity and seismotectonic process in the Dolyna, Nadvirna and Boryslav oil and gas area (Ukrainian Precarpathians) is presented. Association of local earthquakes sources with the different depths thrusts sliding surfaces (which surround the folds with the traps (deposits of hydrocarbons)) was revealed. Directions of propagation of ruptures in the local earthquakes sources indicate the current stress-strain state of crustal structures in these areas, which is caused by geodynamic processes in the Carpathian region of Ukraine. The provoked activation of local seismicity in these areas of hydrocarbon production is caused by changes in stresses in the earth's crust and hydrodynamics of fluids in fault zones in connection with oil and gas extraction, water injection, etc. The seismic events 2022-2023 in the south of the Poltava region are also briefly analyzed.

**Вступ.** Після катастрофічних землетрусів у Туреччині, які відбулися 6 лютого 2023 р. з магнітудою М 7,8 і 7,6, а також недавнього землетрусу в Марокко з магнітудою М 6,8 з великими людськими, матеріальними, економічними та екологічними втратами, людство в черговий раз замислилось про запобігання наслідків цих катастроф. Катастрофічні землетруси відбувалися в минулому, відбуваються зараз і ще будуть відбуватися, тут стоїть питання прогнозування сейсмічних подій на певних територіях, які в силу природних та економічних обставин є вразливими до сейсмічних впливів. У світі, як і в Україні створено карти загального сейсмічного районування (ЗСР), де території поділені на зони з різними величинами прогнозованої бальності сейсмічних струшувань з урахуванням спостережуваної сейсмічної активності та періодів повторюваності сильних землетрусів, наступне детальне і мікро сейсмічне районування враховує особливості ґрунтових умов, переважаючого спектрального випромінювання від сейсмічних джерел та ін., але при цьому ще не повністю враховується геодинамічна складова локального сейсмотектонічного процесу, який має свої часово-просторові закономірності, що постійно довивчаються і уточнюються. Адже відомо, що швидкі зміни з різних причин напружено-деформованого стану геологічного середовища в локальній зоні можуть привести до неочікуваних руйнівних процесів, аварійних станів.

В Україні до сейсмоактивних належить Карпатський регіон (особливо, Закарпаття і Передкарпаття), Волино-Поділля, Крим і південь Одещини (вплив землетрусів Вранча), решта території характеризується невираженою спорадичною сейсмічністю. Землетруси незначної



енергії, які відбуваються значно частіше за сильніші, але з малою глибиною вогнищ, і є характерними для Передкарпаття, також можуть викликати руйнування і екологічні наслідки в густонаселених районах, де є хімічні, видобувні підприємства, гідроакумуючі станції і т.п. Власне тут через тектонічні особливості розташування об'єктів видобування вуглеводнів, своєрідну локальну геодинаміку знання і врахування особливостей місцевих «сейсмічного клімату» і «сейсмічної погоди» є важливим не тільки для проектування нових будівель та споруд, але і для безпечної експлуатації як нових, так і вже існуючих об'єктів.

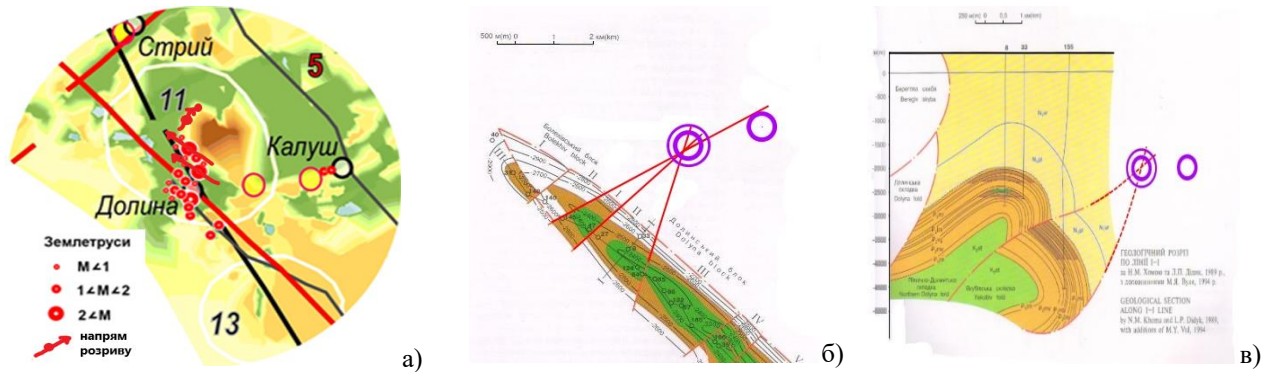
**Мета роботи.** З численних публікацій (наприклад, Shapiro, Dinske, 2021; Нестеренко, 2012; Bourne, Oates, 2018; Керимов, Гайсумов, 2012) відомо про зростання сейсмічної активності у багатьох місцях інтенсивного видобування вуглеводнів, яка там раніше не спостерігалася. Там відбувалися і сильні відчутні землетруси, наприклад, у Газлі 1976 р. та 1984 р., у Нефтегорську 1995 р., на родовищі Гронінген у Голландії, на нафтових полях штатів Оклахома, Техас у США та ін. У світлі активізації останніми роками місцевої сейсмічності районів видобування вуглеводнів в Україні, уточнення локалізації вогнищ місцевих землетрусів щодо тектонічних структур, дослідження її зв'язку з сучасною геодинамікою території і вивчення впливу процесів експлуатації родовищ є актуальним питанням для сталого розвитку цих регіонів і метою нашого дослідження.

Нами раніше в роботах [1, 2] було досліджено особливості сейсмотектонічного процесу в Карпатському регіоні України, зокрема і на Передкарпатті. На території Передкарпаття, ряд районів якого є сейсмоактивними, наявні гірничі підприємства, нафтові і газові родовища та газосховища, численні нафто- і газопроводи. І ще одна територія, де активно розробляються вуглеводні – це Полтавщина, де в останні два роки зареєстровано ряд землетрусів. Історичні дані не вказують на сейсмічну активність на Полтавщині в минулому, тому це доволі цікаво з точки зору дослідження можливого впливу довголітньої розробки вуглеводневих копалин на сейсмічну активізацію цієї території. За світовими даними сейсмічна активність на родовищах нафти проявляється на 7-30 рік з початку розробки, на газових родовищах швидше, за 2-16 років від початку експлуатації [3, 4]. Зокрема, відчутні Долинські землетруси 1974-1976 рр. відбулися через 25 років з початку інтенсивної експлуатації місцевих родовищ. Це дало поштовх до вивчення впливу зміни напружено-деформованого стану гірських порід внаслідок видобування вуглеводнів на прояви природної і наведеної сейсмічності у цьому та інших подібних районах. При дослідженнях такого роду дуже важливо враховувати тектонічну обстановку в регіоні, напрямки стиску/розтягу земної кори, кінематику розломів, сучасні рухи.

**Сейсмічність району Долини.** Вперше сейсмічні події, а інструментальні спостереження в регіоні ведуться з 1961 року, на Прикарпатті були зафіксовані в районі нафтопромислів Долини у 1974-1976 рр., тоді тут відбулося декілька відчутних (з інтенсивністю  $I=4-6$  балів за шкалою MSK-64) землетрусів, а в наступні роки північно-східніше від Долини спорадично відбувались землетруси невеликої сили. Для локалізації вогнищ відчутних землетрусів з району Долини використовувалась комп'ютерна обробка первинних даних про вступ об'ємних хвиль на сейсмічні станції [5], а також побудоване макросейсмічне поле, особливо плестосейстова зона. Спільний аналіз тектоніки та локалізації вогнищ зазначених землетрусів показав, що ці вогнища розташовані в зоні впливу перетину діагонального Передкарпатського і ортогонального Турянського розломів [6, 7], першого з них тут перетинає під гострим кутом також Краковецький розлом (рис. 1). Напрями розривів у вогнищах цих 3-х сильніших землетрусів визначені за аналізом макросейсмічних полів, вони мають орієнтацію, яка збігається з простяганням тут Передкарпатського розлому ( $315^\circ$ ), а просторово – з розташуванням Долинської складки [6, 7]. Зона сейсмічного розриву (зона насичена різноранговими тріщинами відриву і зсуву) вийшла подекуди на поверхню так, що в декількох будинках, що знаходились в епіцентральної зоні, з під підлоги з часом почала проступати нафта.

Найбільша інтенсивність видобування нафти на Долинському родовищі (а це тектонічно є епіцентральною зоною відчутних землетрусів з інтенсивністю 6, 5 і 4 бали) припадає на 1966 рік, через різку зміну гідродинамічного режиму флюїду збільшилися тектонічні напруження не тільки в околі свердловини, але з часом передалось на більшу відстань, про що свідчать

епіцентри відчутних землетрусів. Наслідком землетрусів стало зрив і змінання колон декількох свердловин, які були виведені з ладу, а також аварія на насосній станції. Окрім того, тут особливим тектонічним фактором є фонтануючі свердловини, що вказує на великі природні тектонічні напруження в зоні перетину основних тектонічних розломів – Передкарпатського і Турянського. Додаткова зміна гідродинамічного режиму глибинних флюїдів стала спусковим механізмом для виникнення місцевої сейсмічності. Вірогідно, зафіксовані землетруси були спровоковані інтенсивним видобування нафти на Долинському родовищі в інтервалі глибин 1543-1818 м, самі вогнища землетрусів лежать на глибинах 3-5 км, тобто нижче зони видобування, якраз в області концентрації напружень тектонічного походження.



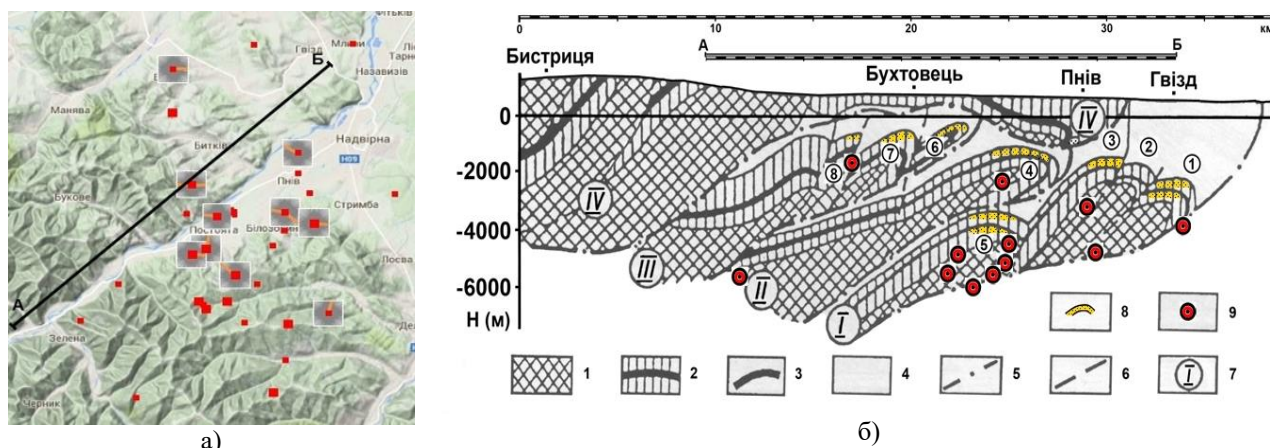
**Рис. 1. Сейсмічність Долинської зони і напрями розривів у вогнищах землетрусів на врізці карти вертикальних голоценових рухів району (А. Полівцев, 2011) (а) і локалізація вогнищ місцевих землетрусів 2020 р. на розривних порушеннях зони Північно-Долинського родовища (б, в)**

Після серії землетрусів 1974-1976 рр. у цій зоні на певний період встановилося сейсмічне затишшя. Сейсмічну активність у 1983 р. тут знову зафіксовано на північний захід від попередніх вогнищевих зон. Землетруси ці невеликої сили –  $K=7,6-8,6$  ( $M=2-2,6$ ). В останні роки ряд слабких землетрусів зафіксовано інструментально також за 5-10 км на південний захід від Долини, у напрямку простягання Турянського розлому, в районі села Вигода. Найновіша сейсмічна активізація в цьому районі відбулася 1 червня 2020 р. зразу двома землетрусами за 9 км на північ від Долини – о 07.22 год з  $M=3.2$  і о 21.05 год. з  $M=2.7$  з епіцентрами в околицях сіл Якубова і Тростянця, в зоні геодинамічного впливу Північно-Долинського родовища і пов'язаних з ним розривних структур [6] (рис. 1, б, в). Обидва землетруси супроводжувались відчутними макросейсмічними ефектами в епіцентральної зоні. Визначені напрями розривів тут мають азимут  $50-55^\circ$  (антикарпатський напрямок). Щодо причин такого розширення зони сейсмічної активізації в районі Долини можна сказати, що це спричинено порушенням геодинамічної рівноваги – збурення напружено-деформованого стану породних товщ у зонах родовищ здатні викликати відчутні землетруси не тільки безпосередньо в околі зони видобування, але і поширитися на більші віддалі, зокрема, вздовж перетинаючих зони родовищ розломів, провокуючи там землетруси меншої сили.

**Сейсмічність району Надвірної.** У 1996 р. почалася сейсмічна активізація в районі м. Надвірної. Детальний аналіз місцевого сейсмотектонічного процесу представлено в [1, 2, 8]. Тут лише зазначимо, що сейсмічна активність у цій зоні триває і досі (рис. 2). Причому сейсмічні події, зареєстровані тут, є невеликої сили ( $K=6,0-8,2$ ).

Попередній спільний просторовий аналіз локалізації вогнищ землетрусів та тектоніки району показав, що осередки трьох із 13-ти землетрусів локалізуються у південно-східній частині Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину в антиклінальній складці [5, 6, 9] (рис. 2, б). Інші вогнища землетрусів тяжіють до поперечних розривних порушень, які розбивають земну кору Бориславсько-Покутської зони на Старунський, Битківський та Пасічянський блоки [6, 7]. У районі міста Надвірної розташовані Пнівське, Південно-Гвіздецьке, Пасічянське, Битків-Бабчинське нафтогазоконденсатні родовища [6]. Глибини, з яких видобувають вуглеводні, на різних родовищах різні та становлять від 2300 до 4400 м, а глибини вогнищ землетрусів лежить в межах  $2\div 2,8$  км і  $4,7\div 6,9$  км (рис. 2, б). Детальний аналіз

геологічної інформації по профілю Бистриця-Гвізд і сейсмологічних даних показав, що вогнища всіх винесених на профіль землетрусів приурочені до різноглибинних поверхонь насувів і складок з різною крутістю занурення (кутами падіння) (рис. 2, б). Пять землетрусів у зоні села Пнів локалізуються в області зчленування поверхні насуву з більш крутими (ближчими до скидних) поверхнями насувів окремих складок у тілі Дзвіняч-Рунгурського покриву. Вогнища ще двох землетрусів знаходяться приблизно на 1 км вище (глибина 4,5-4,8 км) на тих же крутіших поверхнях насувів окремих складок. Ще 2 вогнища (глибини 2,5 та 2,8 км) знаходяться на верхньому поверсі сейсмотектонічної активності та приурочені до покрівлі Дзвіняч-Рунгурського покриву, ще одне знаходиться також у зоні впливу крутішої поверхні однієї зі складок Дзвіняч-Рунгурського покриву. Найближчий до поверхні (глибина 1,9 км) землетрус локалізується на поверхні складки в тілі Битківського покриву.



**Рис. 2. Сейсмічність Надвірнянської зони і напрями розривів у вогнищах землетрусів (а), А-Б – локальний профіль Бистриця-Гвізд; локалізація вогнищ землетрусів на розрізі по профілю А-Б (б)**

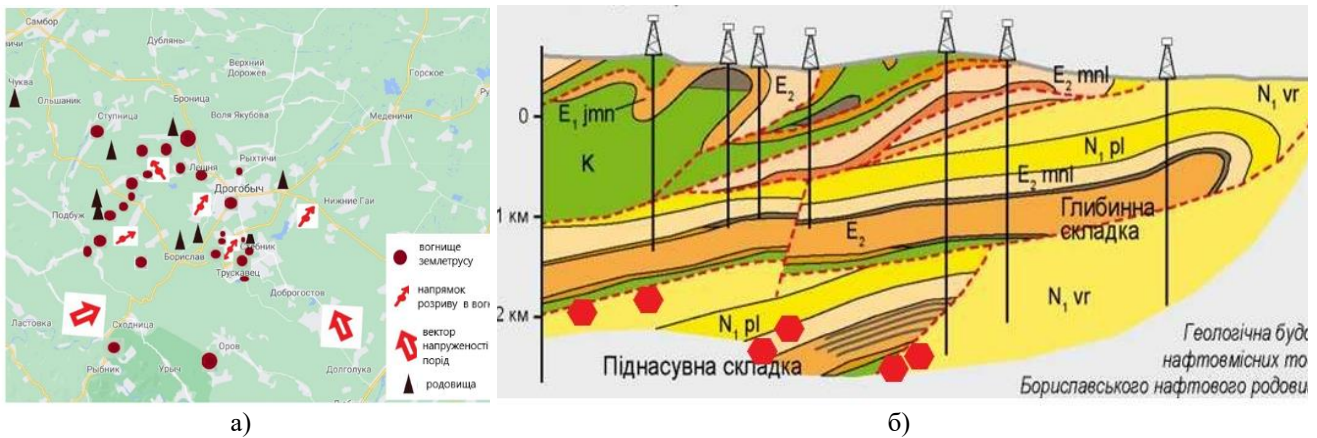
Таким чином, тектонічні напруження, які викликають землетруси, концентруються або вище зони наявності пасток вуглеводнів, або нижче за неї, або збоку. Для дослідження причинно-наслідкових зв'язків напрямів розривів у вогнищах землетрусів з кінематикою розломів і геодинамічною обстановкою району використано методику азимутальних годографів визначення напрямів поширення розривів (рис. 2, а). Аналіз показав, що напрями поширення розривів досліджених землетрусів мають такі характерні азимути:  $277 \div 313^\circ$ , тобто в секторі від субширотного західного до практично паралельного Карпатам північно-західного напрямку;  $90 \div 98^\circ$  – це практично субширотний східний напрямок. Також простежується ще ортогональний до попереднього субмеридіональний північний напрямок (азимут  $10 \div 12^\circ$ ), який в плані тяжіє до розломів, що розбивають літосферу цього району на окремі блоки (рис. 2). У Надвірнянському районі напрями розривів частини землетрусів збігаються з головною віссю палеонапружень для поперечних розломів, наприклад, Шопурсько-Надвірнянсько-Монастирецького розлому і опірючих його розривних порушень. Це свідчить про зв'язок сейсмічності з напруженим станом кори в зоні видобування через зміну гідродинамічного режиму і особливості механічних характеристик геологічного середовища.

**Сейсмічність Бориславської зони.** Ще однією сейсмоактивною зоною на Передкарпатті, де з кінця 18 століття видобувають вуглеводні, є Бориславська зона (рис. 3). За геологічною будовою одне з наявних тут – Бориславське нафтове родовище приурочене до першого та другого ярусів складок північно-західної частини Бориславсько-Покутської зони та до Орівської і Берегової скиб Складчастих Карпат, представляє собою лежачу складку завдовжки близько 10 і завширшки понад 5 км [6] (рис. 3, б). Сейсмічна активізація цієї території почалася у 2014 р., відтоді зареєстровано понад 40 землетрусів, в основному невеликої сили –  $K=6,0-8,6$ , хоча є кілька відчутних (див. [1, 2, 8]) (рис. 3, а), глибини їх залягання в основному невеликі і лежать в діапазоні  $1,7 \div 2,5$  км,  $3 \div 5$  км (рис. 3, б).

Просторова локалізація епіцентрів цих землетрусів на тектонічній карті [7], зокрема, показала, що ланцюжок землетрусів північно-східного напрямку на північ від Борислава (рис. 3,



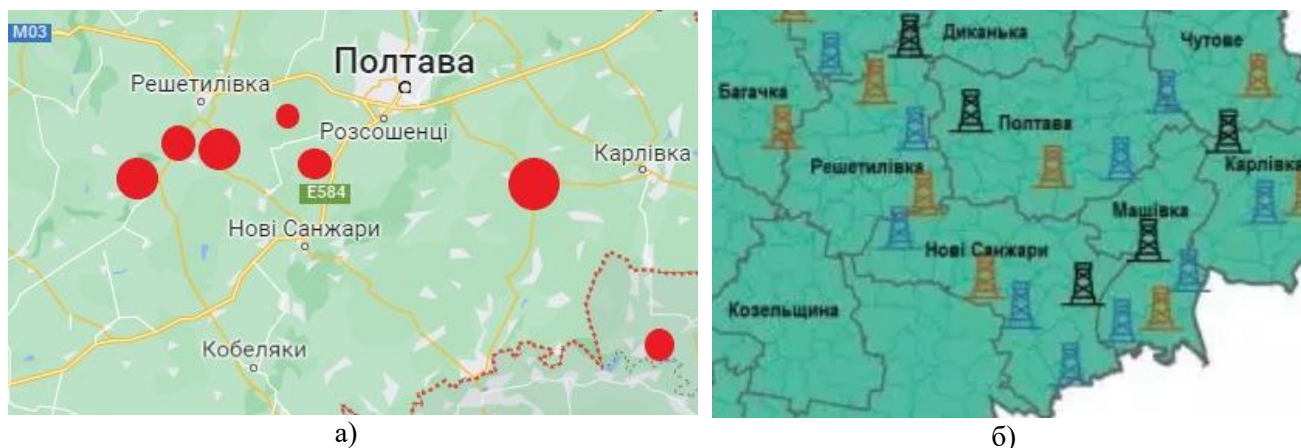
а) трасує лінію Раточинського розлому, далі на північ простежується ще одне сейсмоактивних тектонічне порушення. За даними А. Кудряшова та О. Мичака Раточинський лінеамент є регіональною субвертикальною зоною деструкції земної кори по Р. Бембелю з ознаками розтягу. Проведено зіставлення отриманих даних з даними про глибинну будову земної кори [6, 7], виявлено, що вогнища частини землетрусів з глибинами 1,9-2,2 км тяжіють до нижнього контуру Глибинної складки, яка є основною промисловою (рис. 3, б).



**Рис. 3. Сейсмічність Бориславської зони і напрями розривів у вогнищах землетрусів (а) та локалізація вогнищ на розрізі через Бориславське нафтове родовище (б).**

Для п'яти землетрусів Бориславської зони знайдено напрямки розривів у їх вогнищах. Землетруси, вогнища яких розташовані в зоні впливу Раточинського розлому, мають два напрямки розривів – в азимуті  $340 \pm 10^\circ$  і  $41 \pm 10^\circ$ . Два інші землетруси – з району м. Дрогобича та с. Нижні Гаї мають напрямки розривів  $Az = 11^\circ$ . Ці дані по розривах корелюють з даними по векторах напружень у масивах гірських порід, більшість землетрусів мають напрямки розривів північно-східної орієнтації, тобто у напрямі північно-східного стиску (від Карпат до краю Східноєвропейської платформи), тільки один – північно-західної орієнтації ( $340^\circ$ ), він в плані кореспондується з трасуванням структур південно-східного клину Західноєвропейської платформи та зони її геодинамічного впливу (рис. 3, а). За даними польових тектонофізичних досліджень О. Гінтова [10] переважаючі азимуты простягання сколів Ріделя і тріщин відриву в Передкарпатському прогині ( $15-20^\circ$  і  $42^\circ$ ) також говорять про те ж, що й напрямки розривів у вогнищах землетрусів – усі ці процеси контролюються загальною картиною напружено-деформованого стану літосфери субрегіону [11]. Також за цими ж даними [10] звертає на себе увагу наявність великого максимуму в орієнтації субвертикальних тріщин в діапазоні азимутів  $310-315^\circ$  у Передкарпатті, тобто північно-західної субкарпатської орієнтації, розрив у вогнищі одного з землетрусів якраз має такий напрям. Це говорить про успадкований характер сучасного сейсмотектонічного процесу в регіоні, і зокрема, про вплив його терейнової зсувної складової.

**Сейсмічність Полтавської області.** Сейсмічні події на південь від м. Полтави зафіксовані в районі н.п. Решетилівка, Розсошенці, Нові Санжари і південно-західніше Карлівки у 2022-2023 рр., це шість помітних подій з магнітудами  $M = 2,2-3,7$  (рис. 4). На сьогодні зробити такий детальний аналіз цих подій, як у попередніх районах, тут не є можливим через недостатню розвинену мережу сейсмічних станцій в цьому регіоні, і відповідно, відносно невисоку точність локалізації вогнищ місцевих сейсмічних подій. Але все ж таки можна припустити, що дані події є землетрусами (судячи з їх відносно значних магнітуд), а не наслідками військових дій, вони тяжіють до зон видобування вуглеводнів (рис. 4), яких тут налічується немало [12], або до зон їх геодинамічного впливу. Це питання потребує детального аналізу з використанням усіх належних даних.



**Рис. 4. Сейсмічність півдня Полтавської області за 2022-2023 рр. (а)  
і нафтогазові родовища в цьому районі (б)**

Саме слабкі сейсмічні події, які є наслідком активних деформаційних процесів (як природних, так і наведених), несуть важливу інформацію про зміни напружено-деформованого стану гірських масивів. Характерною особливістю землетрусів з досліджених районів є те, що їх вогнища розташовані або в зонах родовищ, або в зонах їх геодинамічного впливу. За даними роботи [3], тривале відкачування нафти і газу може активізувати сейсмогенну релаксацію напружень у породах, оскільки тривале, некомпенсоване зниження при цьому порового тиску веде до перерозподілу напружень і зростання навантажень на скелет породи, що в свою чергу веде до нестабільного стану розломів, і тим самим збільшує їх сейсмогенний індекс. За даними ряду вчених це може служити спусковим механізмом для виникнення індукованої сейсмічності.

**Висновки.** Підсумовуючи викладений матеріал, зробимо кілька узагальнень:

1. Досліджені землетруси відображають геодинамічну активність закартованих різнорангових локальних та регіональних тектонічних структур (в т.ч., оточуючих пастки – поклади вуглеводнів розривних порушень, поверхонь насувів та складок).
2. Простежується певний зв'язок локальної сейсмічності даних районів з інтенсивністю процесів нафтогазовидобутку на місцевих родовищах як у часі, так і за глибинно-просторовим фактором. Ці результати досліджень необхідно враховувати для зменшення геоекологічного ризику для таких територій при їх сейсмічній активізації.

#### **Список використаних джерел:**

1. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Наведена сейсмічність і сейсмотектоніка Надвірнянського нафтогазового району (Українське Передкарпаття). 15th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects “Geoinformatics-2016”. Київ. 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201600490.
2. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав). Мінеральні ресурси України. 2018. № 2. С. 36-42. DOI: 10.31996/mru.2018.2.36-42.
3. Shapiro, S.A., Dinske, C. Stress Drop, Seismogenic Index and Fault Cohesion of Fluid-Induced Earthquakes. Rock Mech Rock Eng (2021). DOI: 10.1007/s00603-021-02420-3.
4. Bourne, S.J., Oates, S.J., & van Elk, J., 2018. The exponential rise of induced seismicity with increasing 430 stress levels in the Groningen gas field and its implications for controlling seismic risk. Geophysical Journal International. 213 (3). 1693-1700, DOI: 10.1093/gji/ggy084.
5. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Методики уточнення параметрів гіпоцентрів Карпатських землетрусів. Геодинаміка. 2004. № 1(4). С. 53-62.
6. Атлас родовищ нафти і газу України. Том IV. Західний нафтогазоносний регіон. Львів: Центр Європи. 1998. 710 с.
7. Тектоническая карта Западного нефтегазоносного региона Украины. Киев: УкрГГРИ. 1994.

8. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В., Сейсмічний і геоакустичний моніторинг для запобігання аварій на техногенно навантажених територіях. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: колективна монографія / за ред. проф. Мальованого М.С. Київ. Яроченко Я. В., 2022. 566 с. ISBN 978-617-7826-23-0 (Online). DOI: 10.51500/7826-23-0.

9. Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians. *Stud. Geophys. Geod.* 2016. 60. P. 1-17. DOI: 10.1007/s11200-014-0942-y.

10. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. К.: «Феникс». 2005. 572 с.

11. Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій / Під ред. К.Р. Третяка, В.Ю. Максимчука, Р.І. Кутаса. Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2015. 420 с.

12. Атлас родовищ нафти і газу України. Том II: Східний нафтогазоносний регіон. Львів: УНГА. 1998, 923 с.



## ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕННЯ

*Дідула Р.П.<sup>1</sup>, didula\_ruslan@ukr.net;*  
*Кондратюк Є.І.<sup>2</sup>, kondratevgen@ukr.net;*  
*Грицанюк В.В.<sup>3</sup>, к.політ.н., доц., vita.hrytsanyuk@gmail.com;*  
*Миронюк В.М.<sup>4</sup>, к. геогр. н, myr\_vas2@hotmail.com,*  
*Костенко Є.А.<sup>1</sup>, kostenkogenja@gmail.com;*  
*Ільченко В.А.<sup>1</sup>, skandinaw@gmail.com;*

*1 – ПрАТ «Геотехнічний інститут»,*

*2 – ТзОВ «Кварц»,*

*3 – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,*

*4 – ПрАТ «ВНЗ «Львівський інститут менеджменту»*

Охорона поверхневих і підземних вод від забруднення є актуальною потребою в умовах зростаючого впливу людини на навколишнє середовище. В Україні ця проблема є особливо актуальною через недосконалість законодавчої бази та формального підходу до її вирішення. У цій статті наводяться приклади проблемних ситуацій, без вирішення яких неможливо зберегти ресурси доступної питної води.

## PROBLEMS OF GROUNDWATER PROTECTION AGAINST POLLUTION

*Didula R.<sup>1</sup>, didula\_ruslan@ukr.net;*  
*Kondratyuk Ye.<sup>2</sup>, kondratevgen@ukr.net;*  
*Hrytsanyuk V.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Political), Associate Professor, vita.hrytsanyuk@gmail.com;*  
*Myroniuk V.<sup>4</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), myr\_vas2@hotmail.com,*  
*Kostenko E.<sup>1</sup>, kostenkogenja@gmail.com; Ilchenko V.1, skandinaw@gmail.com;*

*1 – PrJSC «Geotechnical Institute»,*

*2 – LLC «Kvarts»,*

*3 – Lviv State University of Life Safety,*

*4 – PJSC «Lviv Institute of Management»*

Protection of surface and groundwater from pollution is a pressing need in the face of increasing human impact on the environment. In Ukraine, this problem is particularly urgent because of the imperfection of the legal framework and formal approach to its solution. This article provides examples of problem situations without which it is impossible to keep the resources available drinking water.

У сучасних умовах, коли в багатьох регіонах світу гостро відчувається дефіцит питної води та спостерігається погіршення її якості через забруднення, стає надзвичайно важливим питання захисту підземних і поверхневих водних ресурсів. Ця проблема ще актуальніша при зростанні кількості населення та збільшенні впливу техногенного навантаження на довкілля, що призводить до погіршення ситуації щодо доступності та якості питної води. Особливо гостро ця проблема відчувається у густозаселених регіонах, де попит на воду найвищий, а забезпечення якості води є найскладнішим.

Україна не входить до числа держав, які мають високий рівень доступності водних ресурсів. Забезпеченість країни водою в чотири рази менша за середній світовий показник і практично в шість разів менша, ніж у державах Європи. Тому, враховуючи високу густоту населення та інтенсивне використання території, проблема водозабезпечення набуває особливого значення. Це обумовлює необхідність приділяти більшу увагу питанням захисту як підземних, так і поверхневих водних ресурсів на рівні держави.

У цілях забезпечення захисту поверхневих і підземних водних ресурсів в Україні для водозаборів питних та мінеральних вод розробляються проекти зон санітарної охорони (ЗСО). Процес розробки цих проектів регламентується низкою нормативних документів, серед яких зустрічаються як ті, що були створені ще в період СРСР, так і ті, які розроблялися в період незалежності. Однак важливо відзначити, що ці нормативи не завжди враховують актуальність і сучасні реалії щодо захисту підземних і поверхневих вод.

Основним законодавчим документом, котрий регламентує процес розробки, затвердження та функціонування зон санітарної охорони є Водний кодекс України [1].

Наступними законодавчими документами, які визначають процес розробки та функціонування ЗСО є: Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [5] та Закон України «Про курорти» [6]. На основі цих законодавчих документів було розроблено ДБН А.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» [2]. Правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів встановлюється Постановою Кабінету Міністрів України №2024 від 18.12.1998 [10] та Правилами охорони підземних вод [11]. Проте наявність такої великої кількості нормативно-правових документів не тільки не сприяє захисту підземних вод, але й створює проблеми щодо організації природоохоронних заходів, оскільки ці документи часто суперечать один одному. Це стосується як процесу розробки проекту зон санітарної охорони, так і правового режиму ЗСО. Наявність відмінностей між різними нормативно-правовими документами, призводить до ситуації, коли інтерпретація ключових положень цих документів стає неоднозначною.

На додачу до цього в Україні спостерігається процес перерозподілу повноважень і сфер контролю між різними контролюючими органами. Наслідком цього стало руйнування системи встановлення зон санітарної охорони та контролю за правовим режимом в їх межах.

Зони санітарної охорони, які створюються для захисту водних ресурсів, у сучасних умовах не завжди виконують свою функцію належним чином. При цьому, нормативні вимоги щодо ЗСО нерідко стають перешкодою при проектуванні нових водозаборів та експлуатації існуючих. Головні причини цього полягають як у недосконалої нормативної бази, так і в низькому рівні професійної підготовки співробітників державних органів, які контролюють та затверджують проекти ЗСО та роботу водозаборів.

Особливу увагу варто звернути на конфліктні моменти, що виникають при організації ЗСО. Зокрема, перший пояс ЗСО встановлюється без проведення розрахунків і базується на загальних принципах захищеності водноносного горизонту. Це призводить до суперечок щодо того, який саме горизонт вважати захищеним. Гідрогеологи і представники контролюючих органів мають відмінні погляди на це питання через відсутність відповідної гідрогеологічної підготовки у співробітників державних органів.

Відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 [2] межа першого поясу ЗСО для водопунктів, котрі експлуатують захищені водоносні горизонти повинна бути на віддалі 30 м від експлуатаційного водопункту, а межа для умов незахищеного водоносного горизонту – на віддалі 50 м. Назвати такі розміри обґрунтованими складно, оскільки вони не є гарантією захисту як від навмисного, так і ненавмисного забруднення. В той же час в умовах приватної власності, коли земля є досить дорогим товаром, часто облаштувати зону суворого режиму стає проблемно. Часто об'єкт водопостачання займає площу меншу за нормативні розміри зони суворого режиму. Разом з тим ніде не має вимог, щодо розмірів зон суворого режиму для водозаборів технічних вод, чи спостережних свердловин. Адже навіть якщо воду з них ніхто й не використовує в питних цілях, то це не виключає забруднення підземних вод через такі свердловини та потрапляння з потоком до водозаборів питних вод. Що стосується існуючого механізму скорочення ЗСО, то процедура є доволі неоднозначною і допускає значні корупційні ризики.

Необхідність встановлення зон суворого режиму є безперечною, проте визначення їх розмірів, на нашу думку, повинно більше враховувати реальну правову та господарську ситуацію і в той же час не допускати неоднозначних трактувань. Варто розглянути доцільність однакового встановлення розмірів зон суворого режиму для свердловин, які використовуються для водопостачання великих об'єктів, та тих, які забезпечують водою дрібних водокористувачів.

Для запобігання подібним ситуаціям, пропонується встановлення однакових зон для водозаборів з однаковим обсягом водовідбору або для водозаборів, які призначені для використання різних типів води (мінеральні, питні, технічні), що усуває можливість різносторонньої інтерпретації нормативів.

Що стосується другого і третього поясів ЗСО то тут теж є багато питань. Перше стосується правильності вибраного методу визначення ЗСО і тут навіть гідрогеологи інколи не однастайні, що вже говорити, про екологів, санлікарів чи інших чиновників, котрі не мають відповідної фахової підготовки.

Крім того існують суттєві проблеми із дотриманням вимог Постанови № 2024 [10] та інших нормативних документів, котрі регламентують господарську діяльність в межах цих поясів. В даний час фактично ні на одному великому водозаборі не виконуються всі вимоги по третьому поясу ЗСО (а інколи й по другому поясу). В більшості випадків контроль за їх виконанням, по суті, й не ведеться, бо ряд основних вимог цієї постанови просто неможливо виконати, через те, що в Україні практично не залишилось територій, де є такі умови. Та й самі вимоги на даний час є застарілими і занадто суворими, бо базуються на стані природоохоронних заходів середини минулого століття, а ситуація з того часу суттєво змінилася. Практика показує, що в ряді випадків вимоги потрібно змінити. Так дана Постанова забороняє використання в межах 3-го поясу ЗСО мінеральних добрив і отрутохімікатів. Але Україна ще й аграрна держава і тільки в заболочених районах Полісся і заліснених районах Карпат це можливо виконати. Також забороняється розташовувати в межах третього поясу ЗСО складів ПММ. Та треті пояси ЗСО великих водозаборів (Плугівський, Стрийський, Самбірський та багато інших) охоплюють території 2-3 адміністративних районів, в кожному з яких є десятки автозаправок та кілька великих складів ПММ. Зокрема, для інфільтраційних водозаборів Стрийського та Самбірського родовищ підземних вод, межі 3-го поясу охоплюють всі Карпати в межах Львівщини від витоків Опору, Стрия та Дністра. Згідно з вимогами Постанови НП «Сколівські Бескиди» необхідно розширити в рази та накласти обмеження на ведення лісового господарства, туристично-рекреаційну діяльність, зимовий лижний відпочинок тощо. Тому Львівська обласна рада відмовилася затверджувати проєкт ЗСО для цього родовища, хоча напевно більшість депутатів п'ють воду з Жулинського водозабору поблизу м. Стрия. Слід сказати, що далеко не завжди розташування таких об'єктів погіршує якість підземних вод навіть на порівняно невеликих відстанях від них.

Абсолютно незрозумілою є вимога зі статті 36 Закону України «Про питну воду та питне водопостачання», щодо заборони в межах другого поясу ЗСО розорювання земель (крім ділянок для залуження і заліснення), а також заняття садівництвом та городництвом. Цю вимогу не просто неможливо виконати, але й сама спроба її виконання загрожує погіршенням соціальної ситуації в районах великих водозаборів.

Сучасне природоохоронне законодавство не приділяє достатньої уваги пріоритетності різних видів господарської діяльності. Поточна ситуація дозволяє створити умови, коли облаштування ЗСО водозабору дрібного підприємства може постави під загрозу існування підприємства національного значення. Чинне законодавство при цьому не враховує економічну важливість підприємств для регіону та обсяг сплачених податків і важливість цих аспектів.

В той же час в нашій країні регулярно буряться сотні свердловин щорічно, часто без відповідних проєктів і з порушення вимог чинного природоохоронного законодавства. Пізніше для деяких з цих свердловин розробляються проєкти ЗСО, накладається обмеження на господарську діяльність в їх межах, проте ці свердловини самі можуть виступати як шляхи потрапляння забруднень до водоносного горизонту. Це спонукає підняти питання щодо обмеження можливості створення малих водозаборів, особливо в тих регіонах, де існує централізована система водопостачання. Яскравим прикладом цього є селище Рудно, де через хаотичну забудову та буріння свердловин поряд з фільтраційними колодязями на початку 2000-х років весь горизонт підземних вод зазнав мікробіологічного забруднення.

Необхідно також відзначити, що існуючий стан законодавчих нормативів у галузі природоохоронних заходів ускладнює процес проєктування водозаборів і створює диспропорцію, за якою основна відповідальність за дотримання вимог природоохоронного законодавства покладається на водокористувачів, а не на забрудників поверхневих та підземних вод. Незважаючи на наявність нормативно-правового базису в Україні для регулювання впливу техногенних процесів на природу, ці норми часто не адаптовані до сучасних умов і практично непридатні для ефективного контролю. Сильно ускладнює ситуацію відсутність єдиної електронної бази даних, яка включала б дані про водозабори, зони санітарної охорони, санітарно захисні зони потенційних забрудників підземних та поверхневих вод, зони впливу водозаборів та різних об'єктів господарської діяльності, інформацію про стан довкілля на певні часові зрізи.

Електронні бази даних існують, але вони є вузько орієнтованими і мало хто має до них доступ, а ті хто мають не завжди туди можуть увійти та не завжди вміє ними користуватись в повній мірі, не кажучи вже про розробку засад їх практичного використання.

Покращити стан справ з охороною підземних та поверхневих вод від забруднення покликана Постанова КМУ України від 19.09.2018 р №758 «Про затвердження порядку здійснення державного моніторингу вод». Проте в реальності ця постанова ще більше ускладнює природоохоронну ситуацію. Для прикладу, вимога «Постанови...» [9] про спостережні свердловини в межах ЗСО і прилеглої території, виглядає логічною, але не розкрито норм і механізмів створення моніторингової мережі. Зокрема не зрозуміло:

Скільки потрібно свердловин?

У якому поясі ЗСО вони повинні бути?

Які територіальні межі «прилеглої території»?

Чому моніторингова мережа передбачена тільки для водозаборів продуктивністю понад 100 м<sup>3</sup>/добу? Адже якщо для одного регіону це величезна продуктивність, то для другого це мізерна кількість, а продуктивність водозаборів цінних мінеральних вод часто становить не більше 50, чи навіть 10 м<sup>3</sup>/добу.

Необхідно також врахувати, що встановлення правильної мережі моніторингу в сучасних умовах стає суб'єктивним завданням і це може призвести до можливості корупційних дій при визначенні параметрів моніторингу. Таким чином, важливо забезпечити однозначне тлумачення вимог та параметрів моніторингу.

Ще однією серйозною проблемою є технічне обладнання контролюючих органів, які відповідають за охорону навколишнього середовища. У даний час органи Міністерства екології та природних ресурсів, а також органи Міністерства охорони здоров'я України не мають сучасного обладнання, необхідного для виконання їхніх функцій відповідно до чинного законодавства. Наприклад, в Україні можливо провести хімічний аналіз обсягів елементів, визначених Державним стандартом України DSTU 4808-2007, лише в обмеженій кількості лабораторій. На сьогодні Мінприроди України разом з Держгеонадрами збільшило кількість показників якості води, що подаються у звітності на 13 пунктів, але перед тим було б доцільно поцікавитися чи виконують їхні регіональні лабораторії визначення арсену, кадмію, свинцю, ртуті, трихлоретилену та тетрахлоретилену.

Крім того, існує гостра проблема пов'язана з рівнем професійної підготовки персоналу у контролюючих органах, які здійснюють нагляд за станом підземних і поверхневих вод. Україна стикається з проблемою відбору та підготовки кадрів через корупцію та недоліки в системі підготовки персоналу. Випускники вищих навчальних закладів часто не отримують належної підготовки для роботи в галузі охорони навколишнього середовища, існує дефіцит співпраці між навчальними закладами й організаціями, для яких проводиться навчання. В результаті цього випускники навчальних закладів часто не можуть знайти роботу в своїй галузі, а співробітники природоохоронних організацій мають недостатню профільну освіту.

Підсумовуючи наведені факти можна зробити висновок, що через недосконалість природоохоронної системи в Україні ресурси підземних і поверхневих вод експлуатуються без належного контролю. Чинне законодавство не забезпечує ефективного захисту цих водних ресурсів і навіть сприяє можливості корупційних дій. Існуюча система підготовки кадрів не здатна задовільнити потребу в висококваліфікованих фахівцях в галузі охорони водних ресурсів. Вирішення цих проблем вимагає глибокого аналізу та обговорення із залученням фахівців з різних сфер: гідрогеологів, архітекторів, будівельників, екологів, юристів і багато інших. Лише через ретельний розгляд і обговорення цих питань можливо знайти компромісне рішення, яке сприятиме захисту підземних вод, полегшить проектні роботи і не провокуватиме корупційні дії.

### Список використаних джерел:

1. Водний кодекс України / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 283 с.
3. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів / Електронний ресурс. Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsp\\_173\\_96\\_derzhavni\\_sanitarni\\_pravila\\_planuvannja\\_i\\_zabudovi\\_naselenikh\\_punktiv/25-1-0-1815](https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsp_173_96_derzhavni_sanitarni_pravila_planuvannja_i_zabudovi_naselenikh_punktiv/25-1-0-1815).
4. ДСТУ 4808– 2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Держспоживстандарт України. Київ, 2006, 63 с
5. Закон України про питну воду і питне водопостачання / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>
6. Закон України "Про курорти"// Відомості Верховної Ради України від 15.12.2000 – 2000 р. – №50. – Ст.435.
7. Лапшин Н.Н., Орадовська А.Е.Рекомендации по гидрогеологическим расчётам для определения границ 2 и 3 поясов зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. ВНИИ "ВОДГЕО", М., 1983 г.
8. Орадовская А.Е. и др. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. Москва, "Недра", 1987 г.
9. Постанова Кабінету Міністрів України №758. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>
10. Постанова Кабінету Міністрів України №2024. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів. Київ, 1998 р.
11. Правила охорони підземних вод / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1093-23#Text>

## **ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПІД ЧАС ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ СЛАНЦЕВИХ ПЛАСТІВ**

*Михайлишин Б.І., аспірант, mykhailyshynbohdan@gmail.com;*

*Купер І.М., доцент, ivankuper@ukr.net;*

*Івано-Франківський Національний Технічний Університет Нафти і Газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Анотація: в статті розглянуто потенційні екологічні ризики, пов'язані з використанням технології гідророзриву пластів для видобутку сланцевого газу. Досвід розробки запасів сланцевого газу показав, що дана технологія вимагає особливої уваги, щодо впливу технології на навколишнє середовище. Розглянуто заходи, які пропонуються для зменшення екологічних ризиків, пов'язаних з цією технологією.

Ключові слова: сланцевий газ, гідравлічний розрив пласта, енергоносії, екологічні проблеми, розробка родовищ, горизонтальне буріння, поклади.

## **ENVIRONMENTAL RISKS DURING HYDRAULIC FRACTURE OF SHALE LAYERS**

*Mykhailyshyn B., postgraduate student, mykhailyshynbohdan@gmail.com;*

*Kuper I., associate professor, ivankuper@ukr.net;*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Abstract: the article considers the potential environmental risks associated with the use of hydraulic fracturing technology for shale gas production. The experience of developing shale gas reserves has shown that this technology requires special attention regarding the impact of the technology on the environment. Measures proposed to reduce environmental risks associated with this technology are considered.

Keywords: Shale gas freking, energy, ecological problems, field development, horizontal drilling, deposits.

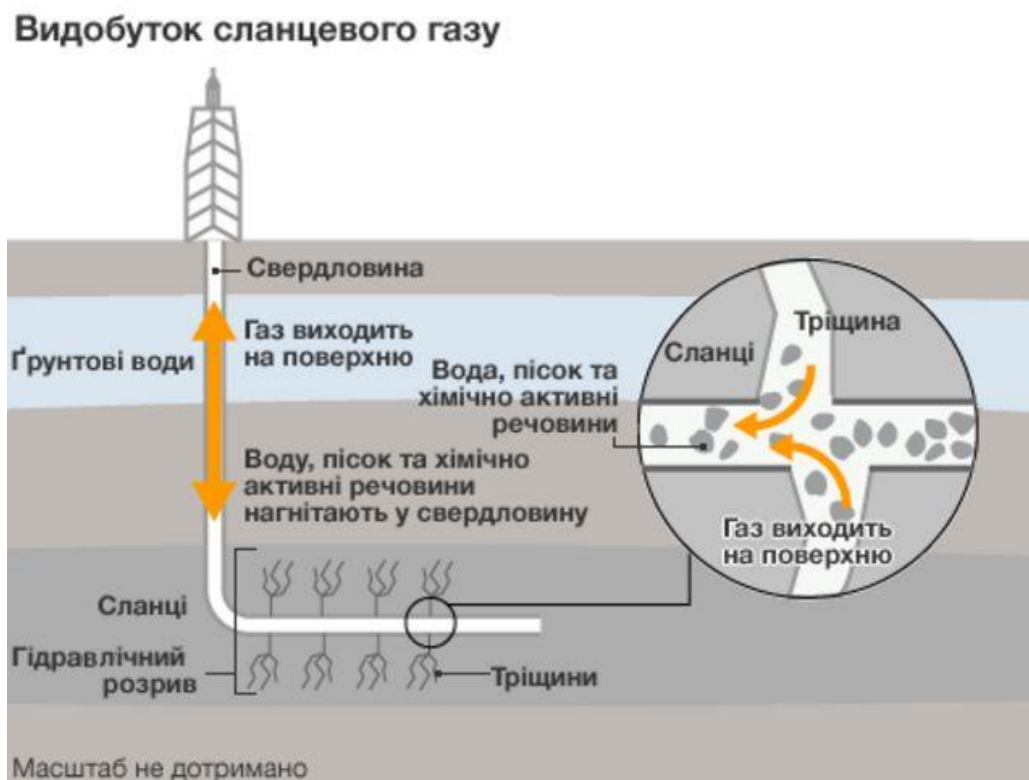
Українські газові родовища, які експлуатуються з 1960-1970 років виснажені та перебувають на завершальній стадії розробки. Щорічно ресурси по видобуванню зменшуються на 15%. Щоб збільшити видобуток, потрібно бурити нові свердловини, відкривати нові родовища та інвестувати у старі. Дефіцит газових ресурсів створюють загрозу енергетичній безпеці Україні. Через війну України з Росією більшість міжнародних компаній, які були основними постачальниками новітніх технологій і послуг вийшли з ринку. Також був призупинений пошук нових та розробка відкритих родовищ сланцевих покладів. За рахунок цих покладів Україна могла б значно наростити видобуток нетрадиційного газу. Після закінчення воєнних дій та відновлення проєктів з розробки сланцевих покладів ми зіштовхнемся з великими екологічними ризиками, які виникнуть при розробці та видобутку сланцевого газу. [2]

Сланцевий газ – це природний газ, який утворюється з органічної речовини в осадових породах. Органічна речовина перетворюється в газ під впливом високих температур і тиску. Сланцевий газ складається в основному з метану, а також невеликої кількості інших вуглеводнів. За даними Адміністрації енергетичної інформації США, в Україні є близько 3,6 трлн м<sup>3</sup> сланцевого газу, що становить 1,75% світових запасів. На двох найбільших родовищах – Юзівському у Донецькій і Харківській областях та Олеській площі в Західній Україні – зосереджено приблизно 1,2 трлн м<sup>3</sup>. Україна посідає 3 місце в Європі за розвіданими запасами сланцевого газу.[5]

Екологічні ризики видобутку сланцевого газу є предметом активних дискусій. Видобуток газоносних сланцевих порід, пов'язаний зі значним впливом на навколишнє середовище, на геологічні структури, підземні і поверхневі води, атмосферного повітря, ґрунту і землі. При цьому вплив на навколишнє середовище та екологію мають всі стадії технологічного процесу: розвідка, будівництво площадок, буріння горизонтальних свердловин, проведення поінтервальних гідравлічних розривів пласта, освоєння, транспортування і зберігання газу. [1] Ці ризики призвели до того, що суспільство в Європі дуже критично ставиться до видобутку сланцевого газу. Уряди ряду європейських країн (Франція, Румунія, Австрія, Англія) ввели мораторій на видобуток сланцевого газу з використанням технології гідророзриву. В Україні проведення гідравлічного розриву пласта, здійснюється, як метод інтенсифікації припливу



флюїду до свердловин у пластах з низькою проникністю газоносних порід-колекторів традиційного типу та в ущільнених колекторах. Дана технологія інтенсифікації видобутку вуглеводнів, передбачає введення в пласт під тиском високов'язкої рідини води, пропанту та хімічних реагентів. Технологія ГРП в Україні широко використовується для видобутку газу та планується використовуватись для видобутку сланцевого газу (рис. 1).



**Рис. 1. Горизонтальна свердловина з поінтервальним ГРП**

Важливо, що переважно операції ГРП відбуваються у вертикальних або у похило-скерованих свердловинах. Це передбачає помітно меншу кількість проведених ГРП, нижчі робочі тиски, менші об'єми використання технологічних рідин ГРП, пропантів та хімічних реагентів для досягнення бажаного результату. Звичайно, що при таких умовах масштаби потенційного впливу на навколишнє середовище та ризики забруднення водоносних горизонтів у зоні вільного водообміну є значно меншими, ніж під час розробки ділянки сланцевого газу, де технологія передбачає буріння довгих горизонтальних стовбурів довжиною до 2000 м, та проведення в них поінтервальних ГРП з використанням великої кількості природних ресурсів технічних рідин.

Проведення гідравлічних розривів пластів потребує всебічної оцінки впливу на компоненти довкілля і визначення можливих наслідків цього впливу. Щоб мінімізувати екологічний вплив потрібно розробити виробничий екологічний контроль під час проведення операцій по гідравлічному розриву на сланцевих пластах, з метою отримання даних та після проєктного аналізу поточної інформації про стан навколишнього середовища.[3-4] До завдань екологічного контролю повинні входити:

- Оцінка того, як технологія гідравлічного розриву пластів може вплинути на навколишнє середовище в довгостроковій перспективі. Перевірка того, чи відповідає реальний вплив на навколишнє середовище прогнозованому і виявлення будь-яких відхилень від проєкту. У разі виявлення відхилень необхідно вжити негайних коригувальних заходів.
- Оцінка впливу технології гідравлічного розриву пластів на повітря, воду, ґрунт, флору та фауну.
- Попередження можливих аварій та коригування робіт з ліквідації наслідків їхнього впливу на компоненти навколишнього середовища. Виявлення та усунення потенційних джерел аварій. Розробка планів ліквідації наслідків аварій під час операцій ГРП.

- Оцінка ефективності природоохоронних заходів, закладених у проєкті, розробка заходів щодо їх коригування або заміни іншими заходами. Оцінка того, наскільки ефективні природоохоронні заходи, передбачені в проєкті. У разі необхідності розробка нових заходів.

- Аналіз фактичного дотримання нормативних вимог та проєктних рішень у сфері охорони навколишнього середовища. Перевірка того, чи дотримуються нормативних вимог та проєктних рішень у сфері охорони навколишнього середовища.

- Оцінка ступеня надійності технологічних процесів, видів обладнання, свердловин та флоту ГРП ; розробка пропозицій щодо заміни ненадійних технічних систем досконалішими.

Розробка та експлуатація родовищ сланцевого газу стане одним із шляхів досягнення енергетичної незалежності України. Розглянуті вище норми спрямовані на забезпечення того, щоб технологія гідравлічного розриву пласта не завдавала шкоди навколишньому середовищу. Ці норми включають в себе широкий спектр заходів, від моніторингу впливу на навколишнє середовище до розробки заходів щодо запобігання аваріям. Це можна досягнути створенням сурового законодавства, яке дасть можливість уникнути можливі загрози для екології та контролю за розробкою родовищ нетрадиційних вуглеводнів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Kreuze A., Schelly C., Norman E. To frack or not to frack: Perceptions of the risks and opportunities of high-volume hydraulic fracturing in the United States. *Energy Research & Social Science*. 2016. No. 20. P. 45–54.

2. Римар М. В., Красівська А. С., Дулин І. С. Екологічна безпека видобування сланцевого газу в Україні. *Регіональна економіка*. 2012. №4. С. 109–114.

3. ГОСТ 17.1.3.12-86. Охорона природи. Гідросфери. Загальні правила охорони вод від забруднення під час буріння та видобутку нафти та газу на суші.

4. Соловійов В.О., Фик І.М., Варавіна Є.П. Екологічна безпека у нафтогазовій справі: Навчальний посібник. - Х.: НТУ "ХПІ", 2012. 96 с.

5. Офіційний сайт Державної служби геології та надр України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geo.gov.ua/node/122>

## РОЗРОБКА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЙ ВПЛИВУ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ REACT

*Джумеля Е.А., PhD, elviradzhumelia@gmail.com;*  
*Бернацька Н.Л., к. тех. н., maksymiv.natali@gmail.com;*  
*Джумеля В.А., vdzhumelia@gmail.com;*  
*Кочан О.В., д. тех. н., проф., orest.v.kochan@lpnu.ua,*  
*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

Екологічний моніторинг є важливою науковою темою, визнаною завдяки своєму потенціалу для надання базових, але життєво важливих даних для оцінювання екосистеми для вирішення проблем стійкості.

Обґрунтовано необхідність побудови ефективної системи моніторингу територій впливу видобувних і переробних підприємств. Метою даної статті є створення веб-інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи з допомогою бібліотеки React.

Розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень на основі інтерактивної карти пунктів відбору проб води та візуалізації отриманих результатів екологічного моніторингу.

## DESIGN OF THE ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM WEB INTERFACE OF THE AREAS OF INFLUENCE OF MINING ENTERPRISES USING THE REACT LIBRARY

*Dzhumelia E., PhD, elviradzhumelia@gmail.com;*  
*Bernatska N., Cand. Sci. (Eng.), maksymiv.natali@gmail.com;*  
*Dzhumelia V., vdzhumelia@gmail.com;*  
*Kochan O., Dr.Sci. (Eng.), Prof., orest.v.kochan@lpnu.ua?*  
*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

Ecological monitoring is an important scientific topic recognized for its potential to provide basic but vital ecosystem assessment data to address sustainability issues.

The need to build an effective system for monitoring the areas of influence of mining and processing enterprises is substantiated. The purpose of this article is to create a web interface of an information and analytical system using the React library.

The web interface of the information and analytical decision support system was developed based on an interactive map of water sampling points and visualization of the obtained results of environmental monitoring.

**Вступ.** Інформаційно-аналітичне забезпечення екологічного моніторингу необхідне для реалізації таких можливостей як одержання первинних даних від суб'єктів моніторингу, збереження, обробка, передача та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища.

Гірничо-хімічна промисловість займає одне з провідних місць в інфраструктурі економіки нашої країни. Але, разом з цим, діяльність гірничо-хімічних підприємств є визначальним чинником техногенезу, який істотно ускладнює екологічну ситуацію на локальних територіях через значне нагромадження великої кількості відходів виробництва.

Науковцями Національного університету «Львівська політехніка» проводяться дослідження, спрямовані на удосконалення методології оцінювання показників, що визначають рівень екологічної небезпеки після закриття гірничо-хімічного підприємства на основі аналізу процесів впливу на довкілля основних джерел небезпеки. За результатами досліджень створено інформаційно-аналітичну систему для ефективного зберігання, оброблення, аналізу даних моніторингу, а також прогнозування можливих змін в довкіллі на підставі даних про поточний екологічний стан [1-5].

Метою роботи є створення веб-інтерфейсу інформаційно-аналітичної системи з допомогою бібліотеки React.

**Виклад основного матеріалу.** Було розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень на основі інтерактивної карти пунктів відбору проб води та візуалізації отриманих результатів гідрохімічного моніторингу Роздільських озер. Дана веб

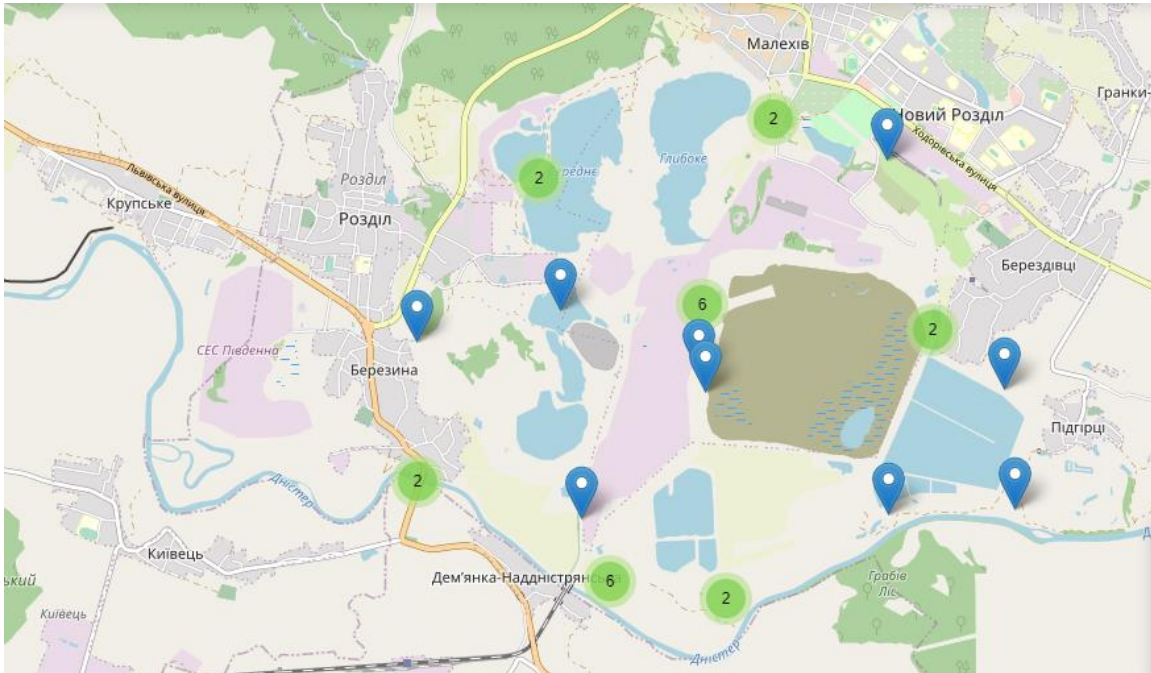
аплікація доступна в інтернеті за посиланням <http://ecotest.infostore.in.ua/>.

React JS – це бібліотека JavaScript з відкритим кодом, яка використовується спеціально для побудови користувацьких інтерфейсів. Бібліотека дозволяє розробникам створювати веб-програми, які можуть змінювати дані, не завантажуючи сторінку. Основна перевага React.JS полягає в тому, що він масштабований, простий та швидкий [6].

React – ідеальний інструмент для створення масштабованих вебдодатків, особливо SPA (односторінкових застосунків). React відносно простий в освоєнні, має зрозумілий та лаконічний синтаксис. React використовує віртуальний DOM (VDOM) – це концепція програмування, в якій «віртуальне» уявлення призначеного для користувача інтерфейсу зберігається в пам'яті і синхронізується з «справжнім» DOM за допомогою бібліотеки ReactDOM. Цей процес називається узгодженням. Ви вказуєте, в якому стані повинен перебувати призначений для користувача інтерфейс, а React забезпечує відповідність реального DOM цьому стану. Віртуальний DOM представляє легку копію звичайного DOM. І відмінною рисою React є те, що дана бібліотека працює саме з віртуальним DOM, а не звичайним. У підсумку така схема взаємодії з елементами веб-сторінки працює набагато швидше і ефективніше, ніж якби ми працювали з JavaScript з DOM безпосередньо. Іншою відмінною рисою бібліотеки є концентрація на компонентах – ми можемо створити окремі компоненти і потім їх легко переносити з проєкту в проєкт. Ще одна особливість React – використання JSX. JSX представляє комбінацію коду JavaScript і XML і надає простий і інтуїтивно зрозумілий спосіб для визначення коду візуального інтерфейсу. React JSX трансформує XML-подібний синтаксис в JavaScript [7].

У React використовується компонентний підхід. Бібліотека немає контролерів, моделей, шаблонів – все є компонент. Компоненти можна перевикористовувати, успадковувати один від одного, об'єднувати. Компонент – це свого роду будівельна одиниця, з якої збирається інтерфейс. Перевагою є можливість порівняння React'ом віртуального DOM'a з реальним, і виконання мінімальних змін для їх синхронізації. Віртуальний DOM вирішує проблему з обробкою подій в різних браузерях, за рахунок цього React надає сумісну модель подій в будь-якому браузері. React дозволяє використовувати будь-який інструмент при розробці, він добре поєднується з іншими фреймворками. Дизайн React поєднується з асинхронними серверними архітектурами для адаптації до майбутніх технологій. Таким чином, React варто використовувати, якщо необхідно створити якісний і в найкоротші терміни швидкий, легкий, зручний односторінковий додаток [8]. Оскільки логіка компонентів написана на JavaScript, замість шаблонів можна з легкістю передавати складні дані у програму і зберігати стан окремо від DOM. Компоненти реалізують метод `render()`, який приймає вхідні дані і повертає те, що буде показано користувачу. Доступ до вхідних даних, які передаються в компонент, можна отримати за допомогою `render()` та `this.props`. React притримує парадигми декларативного програмування. Таким чином, від розробника лише вимагають описання різних частин інтерфейсу в різних станах системи, а сам фреймворк буде самостійно рендерити необхідні елементи, оновлюючи сторінку у відповідності до динамічних змін, ініційованих користувачем чи іншими чинниками. При цьому жодних обмежень про інші технології, які будуть використовуватись додатково, не існує. Тому є можливим розробляти нові функції в React, не переписуючи існуючий код. React також може рендеритись на сервері, використовуючи Node, і приводити в дію мобільні програми, які використовують React Native [8].

Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт Leaflet – JavaScript бібліотеки з відкритим кодом для створення браузерних та адаптованих під мобільні пристрої інтерактивних карт (рис. 1). Бібліотека реалізує підтримку шарів мап, які побудовані за технологією: WMS, GeoJSON, або векторного відображення поверхні. Leaflet – проста, продуктивна та зручна у використанні бібліотека. Може бути розширена за рахунок використання численних плагінів, має гарний, легкий у використанні та добре документований API, простий та читабельний вихідний код, зручний для роботи [9].



**Рис. 1. Скріни веб-додатку інтерактивної карти відбору проб води на території ДП «Роздільське ГХП «Сірка»»**

Бібліотека React Leaflet забезпечує прив'язку між React і Leaflet. Вона не замінює Leaflet, але використовує його для абстрагування шарів Leaflet як компонентів React. Таким чином, вона може поводитися інакше, ніж інші компоненти React, зокрема:

- *Візуалізація DOM*

React не рендерить шари Leaflet у DOM, це рендеринг виконує сам Leaflet. React відтворює лише елемент `<div>` під час відтворення компонента `MapContainer` і вмісту компонентів шарів інтерфейсу користувача [9].

- *Властивості компонентів*

Властивості, передані компонентам, використовуються для створення відповідного екземпляра Leaflet, коли компонент відображається вперше, і за замовчуванням їх слід розглядати як незмінні. Під час першого відтворення всі ці властивості мають підтримуватися Leaflet, однак вони не будуть оновлюватися в інтерфейсі користувача, якщо вони зміняться, якщо вони явно не задокументовані як змінні. Змінні властивості порівнюються за посиланням (якщо не вказано інше) і застосовуються викликом відповідного методу в екземплярі елемента Leaflet [9].

- *Посилання на елементи Leaflet*

Якщо не вказано інше, усі компоненти, експортовані React Leaflet, підтримують посилання, які показують створений екземпляр елемента Leaflet або елемент DOM (для панелей). Це дозволяє програмам отримувати доступ до імперативних API Leaflet, коли це потрібно, але може призвести до неузгодженості з установленими атрибутами, тому використовувати їх слід обережно [10].

*Візуалізація отриманих даних моніторингу з допомогою Chart.js*

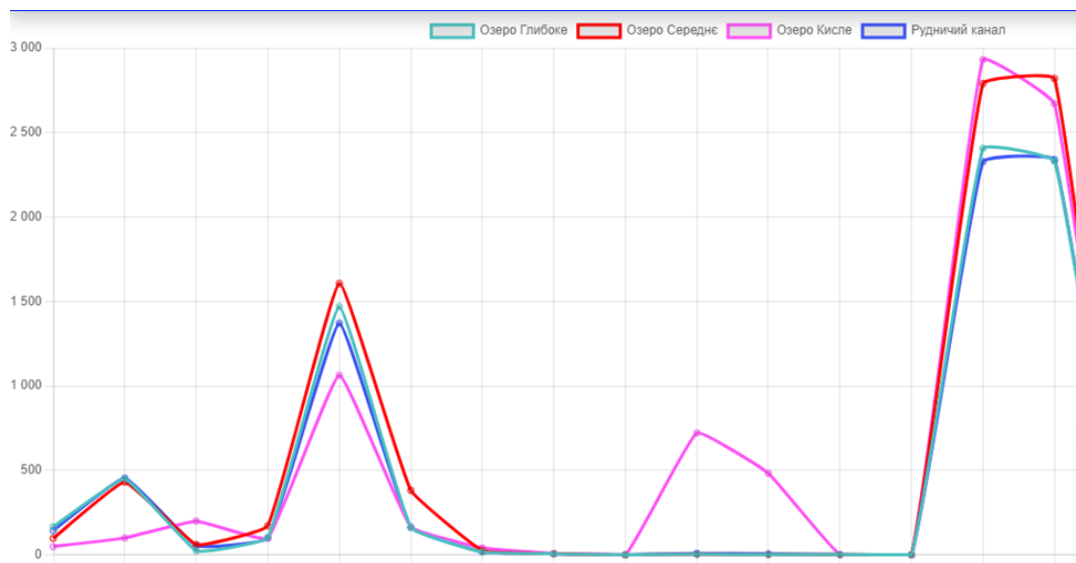
Екологічний моніторинг довкілля є сучасною формою реалізації процесів екологічної діяльності за допомогою засобів інформатизації і забезпечує регулярну оцінку і прогнозування стану середовища, життєдіяльності суспільства та умов функціонування екосистем для прийняття управлінських рішень щодо екологічної безпеки, збереження природного середовища та раціонального природокористування. Важко заперечити той факт, що переважна більшість інформації має географічний аспект і тому її можна просторово аналізувати і наочно представляти у вигляді карт, схем, діаграм, графіків та малюнків. Ще із стародавніх часів людина пристосовувалася до умов навколишнього середовища, сприймала її таку як є і намагалася підлаштувати під себе. Вона вже тоді прагнула полегшити свою працю шляхом застосування



різних предметів і механізмів. З розвитком людства і відповідно науково-технічного прогресу з'явилися досконалі системи автоматизованого управління, які в даний час застосовуються скрізь.

Аналогами інформаційної системи накопичення і візуалізації екологічних замірів є будь-яке програмне забезпечення, яке має можливість візуалізувати статистичні дані. Існує багато спеціальних інструментів для створення візуалізації. Деякі з них зовсім прості у використанні: потрібно тільки завантажити дані та вибрати, як вони будуть відображатися, інші програми більш складні і комплексні — вимагають спеціальних знань і вмінь програмування. Є варіанти додатків, які можна безкоштовно завантажити, змінити і налаштувати та створювати інфографіку в режимі онлайн.

*Chart.js* – безкоштовна Javascript бібліотека, призначена для створення графіків та діаграм. Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі. Також у неї вбудовані засоби роботи з анімацією, що дозволить ефектно видозмінювати графіки залежно від нових даних, а також експериментувати з кольором (рис. 2).



**Рис. 2.** Скрін веб-додатку візуалізації отриманих результатів аналізу проб води на території ДП «Роздільське ГХП «Сірка»»

Розмір бібліотеки *Chart.js* становить приблизно 11Kb, також є можливість ще зменшити розмір бібліотеки шляхом включення в неї тільки тих модулів, які необхідні в конкретному випадку [1]. *Chart.js* дозволяє створювати діаграми різних типів. Іншою чудовою особливістю бібліотеки *Chart.js* є той факт, що створювані нею діаграми адаптивні, вони можуть змінювати свій розмір при зміні розмірів вікна браузера таким чином, щоб ефективно займати весь доступний для цього простір сторінки. На відміну від багатьох інших бібліотек подібного типу *Chart.js* має детальну і добре викладену документацію, за допомогою якої можна легко створювати як прості, так і складні зразки діаграм [12].

**Висновки.** Розроблено веб-інтерфейс інформаційно-аналітичної системи гірничо-хімічного підприємства з допомогою бібліотеки *React* – бібліотеки *JavaScript* з відкритим кодом, яка використовується для побудови користувацьких інтерфейсів. Показ інтерактивної карти моніторингу налаштовано з допомогою інтерактивних карт *Leaflet* – *JavaScript* бібліотеки з відкритим кодом для створення браузерних та адаптованих під мобільні пристрої інтерактивних карт. Для візуалізації результатів моніторингу використано бібліотеку *Chart.js*. Дана бібліотека дозволяє створювати графіки та діаграми будь-якого типу, а також вибудовувати дані на діапазоні часу та логарифмічній шкалі. На відміну від багатьох інших бібліотек подібного типу *Chart.js* має детальну і добре викладену документацію, за допомогою якої можна легко створювати як прості, так і складні зразки діаграм.



**Подяка.** Цю роботу підготовлено завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

**Список використаних джерел:**

1. Bernatska, N. , Dzhumelia, E. , Dyakiv, V. , Mitryasova, O. , Salamon, I. Web-Based Information and Analytical Monitoring System Tools – Online Visualization and Analysis of Surface Water Quality of Mining and Chemical Enterprises. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(3), pp. 99–108
2. Pohrebennyk V., Dzhumelia E. Evaluation of Impact of Mining and Chemical Enterprise on Ecological State of the Water Environment. *Water Security*. 2016. P. 155-169.
3. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія. 2016. С. 56-66.
4. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M. Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. vol. 20. P. 53-61.
5. Karpinski M., V. Pohrebennyk V., Bernatska N., Ganczarchyk J., Shevchenko O. Simulation of Artificial Neural Networks for Assessing the Ecological State of Surface Water. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. 2 July – 8 July 2018, Albena, Bulgaria. P. 693-700.
6. Безверхий О., Куценко О. Ефективність застосування бібліотеки React. Інформаційні технології та суспільство. 2022. 2 (4), с. 13-19.
7. Болотіна В. В. Огляд популярних javascript фреймворків. Інформаційно-комп'ютерні технології, 18-20 квітня 2019 р., С. 89-90.
8. А. І. Вінокуров, Г. І. Молчанов. Переваги динамічних веб-сторінок над статично-генерованими. Інформаційні технології. 2021, С. 63-66.
9. How To Create Maps With React And Leaflet. <https://www.smashingmagazine.com/2020/02/javascript-maps-react-leaflet/>
10. React Leaflet. <https://react-leaflet.js.org/docs/start-introduction/>
11. Качанов Ю.В. Бібліотека для побудови графіків та діаграм chart.js. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Free and open source software» 17-19 листопада 2020 р., С. 69.
12. Проста побудова графіків за допомогою Chart.js <https://www.zmax.work/easy-plotting-with-chart-js/>

## ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ І РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ СІРЧАНОГО КАР'ЄРУ

*Джумеля Е.А., PhD, elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua;  
Руда М.В., к. тех. н., доц., mariia.v.ruda@lpnu.ua;  
Шибанова А.М., к. тех. н., доц., alla.m.shybanova@lpnu.ua;  
Кочан О.В., д. тех. н., проф., orest.v.kochan@lpnu.ua,  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

Природно-технічні системи постіндустріальних ландшафтів не збалансовані. Підтримання гомеостазу вимагає постійного надходження зовнішньої енергії. Мета дослідження – визначити вплив арбускулярних мікоризних (АМ) грибів на процес формування рослинності в постіндустріальних ландшафтах Яворівського сірчаного кар'єру (Україна). Для встановлення етапів природної сукцесії рослинності на землях виробок кар'єрів рослинність вивчали маршрутним методом. Спостерігали позитивний вплив обробки проростків споровим препаратом арбускулярних, мікоризних грибів на збільшення приросту у висоту досліджуваних порід.

## RESTORATION OF THE SOIL COVER AND PLANT GROUPS OF THE POST-INDUSTRIAL LANDSCAPES OF THE SULFUR QUARRY

*Dzhumelia E., PhD, elviradzhumelia@gmail.com,  
Ruda M., Cand.Sci.(Eng.), Assoc. Prof., mariia.v.ruda@lpnu.ua;  
Shybanova A., Cand.Sci.(Eng.), Assoc. Prof., alla.m.shybanova@lpnu.ua;  
Kochan O., Dr.Sci.(Eng.), Prof., orest.v.kochan@lpnu.ua,  
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

The natural and technical systems of post-industrial landscapes are not balanced. Maintaining homeostasis requires a constant supply of external energy. The purpose of the study is to determination of the influence of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on the process of vegetation formation in post-industrial landscapes of the Yavoriv Sulfur Quarry (Ukraine). To establish the stages of natural succession of vegetation on the lands of quarry excavations, vegetation was studied by the route method. The positive effect of treatment of seedlings with spore remedy of arbuscular, mycorrhizal fungi on the increase of growth in height of the studied breeds was observed.

**Вступ.** Гриби відіграють важливу та багатогранну роль в ґрунтових екосистемах. Вони виступають патогенами рослин, мікоризних симбіонтів і, найголовніше, основними руйнівниками органічних матеріалів. Гриби також є домінуюча складова ґрунтової мікрофлори з біомаси. Однак, порівняно з бактеріальними спільнотами знання про різноманітність і функцій ґрунтових грибкових угруповань залишаються обмеженими.

Дослідження організовано з використанням стаціонарних і тимчасових дослідних ділянок, матеріали яких дають можливість прослідкувати динаміку кількісних та якісних змін показників рослинних природних самовідновних і штучних фітоценозів. Видову приналежність вищих рослин – домінантів рослинного покриву на ділянках – встановлювали за визначником. Для встановлення стадій природної сукцесії рослинності на землях кар'єрних виробіток маршрутним методом вивчалась рослинність. Опис фітоценозів проводили за апробованою методикою еколого-фітоценотичної школи. Еколого-біоекологічні властивості рослинних угруповань вивчали за комплексом морфологічних, екологічних та фітоценотичних характеристик. Підготовку проб рослин і ґрунтів до аналізу здійснено за апробованими в агрохімії та ґрунтознавстві методами.

Структуру трав'яного покриву вивчали за визначенням зімкнутості, висоти, видової насиченості, проективного вкриття, висоти та рясності за шкалою Г. М. Висоцького.

Визначення взаємозв'язків у фітоценозі та їх морфометричних показників дає можливість прогнозувати його динаміку. Еколого-біоекологічні властивості рослинних угруповань вивчали за комплексом морфологічних, екологічних та фітоценотичних характеристик.

**Мета дослідження** – встановлення впливу арбускулярних мікоризних (АМ) грибів на процес формування рослинності посттехногенних ландшафтів Яворівського сірчаного кар'єру.

**Виклад основного матеріалу.** Формування рослинності на дегазованих землях

Яворівського ДГХП «Сірка» обумовлено в першу чергу інтенсивністю ґрунтоутворювальних процесів. Ландшафти територій, порушених внаслідок видобутку самородної сірки, формуються за рахунок трансформації автохтонного ґрунтового покриву: механічного (складування вміщаючих і розкритих порід, влаштування хвостосховищ), фізичного (деформація мезорельєфу, зміна структури ґрунту при гідромеханізації) та хімічного (забруднення відходами та викидами на ділянках підземної виплавки сірки, флотації сірковмісних порід). Швидкість утворення молодих ґрунтів на відвалах ЯСК (Яворівського сірчаного кар'єру) при природному освоєнні їх живими організмами невелика і залежить від характеру розподілу рослинності, яка визначається близькістю джерел насіння, висотою відвалів, їх розмірами, складом порід, типом рослинності та іншими факторами. За результатами морфологічного обстеження девастрованих земель ЯСК встановлено, що ґрунти досліджуваної території біогенно-нерозвинуті, утворюються на рихлих породах сформованих третинними глинами, відносяться до ембріоземів, які сформувалися за рахунок природного самовідновлення ґрунтів та рослинного покриву. Ґрунтовий покрив посттехногенних територій представлений просторовими комбінаціями різних типів ембріоземів (ембріоземи ініціальні, органо-акумулятивні, гумусово-акумулятивні, дернові). Основними діагностичними ознаками, які свідчать про класифікаційну приналежність, є наявність у профілях відповідних діагностичних горизонтів.

Флора девастрованих земель ЯСК нараховує 155 видів вищих рослин, які відносяться до 1 відділу, 5 класів, 35 порядків, 38 родин та 104 родів. В ієрархії таксонів провідне місце належить покритонасінним (22 порядки, 24 родини, 74 роди та 108 видів). Найбільшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae* (21 рід, 30 видів). Друге та третє місце займають родини *Rosaceae* та *Salicaceae* (відповідно, 8 родів, 12 видів та 2 роди, 11 видів). Перші шість родин об'єднують 73 види, що становить 67,59 %, та 45 родів, що становить 60,81%. Дві родини покритонасінних (*Polygonaceae* та *Scrophulariaceae*) представлені 4 видами, одна родина – 3 видами, п'ять родин – 2 видами. Чотирнадцять родин (або 18,92%) у досліджуваній флорі є одновидовими. В межах виділених нами типів рослинних угруповань видова структура є доволі різноманітна, на що ще раз вказує строкатість едафічних умов.

У дослідженій флорі переважають трав'яні рослини – 132 види, 85,16%, причому трав'яні монокарпики нараховують 98 видів, а полікарпики – 34. Група деревних рослин є незначною – 23 види, 14,84%. Співвідношення трав'янистих полікарпиків до трав'яних монокарпиків становить 1:2,8, тоді як співвідношення деревних рослин до трав'яних становить 1:5,8. Тобто, для флори ембріоземів ЯСК характерним є панування трав'яної рослинності з домішкою деревних рослин. За типом кореневої системи флори ЯСК переважають рослини стрижнево-кореневого та кореневищного типів, відповідно, 72 (46,47%) та 38 видів (24,42%). Така структура вказує на початкові стадії формування первинного рослинного покриву.

За способом поширення насіннєвих зачатків адвентивної флори Яворівського сірчаного кар'єру серед рослин панують апохори – 92,62%. Це рослини, плоди та насіння яких переносяться під дією різноманітних додаткових сил. На частку автохорів, рослин, які поширюють плоди та насіння за допомогою специфічних пристосувань без впливу зовнішніх агентів, припадає 7,38%. У розмноженні зачатків рослин значну роль відіграють вітер та тварини. Вплив людського фактору на процеси самозаростання адвентивною флорою незначний.

Флороценокомплекси адвентів на ембріоземах кар'єру представлені 9 групами: агро-рудеральні, лучно-степові, лісо-чагарникові, гігро-фільні, лучні, лучно-болотні, лісо-лучні та чагарникові. Переважаючими видами виступають представники агро-рудеральної (21 вид), лучно-степової (14 видів) та лісо-чагарникової флори адвентів. Висока частка і активність бур'янових видів є показниками незавершеності процесів демультиплікації.

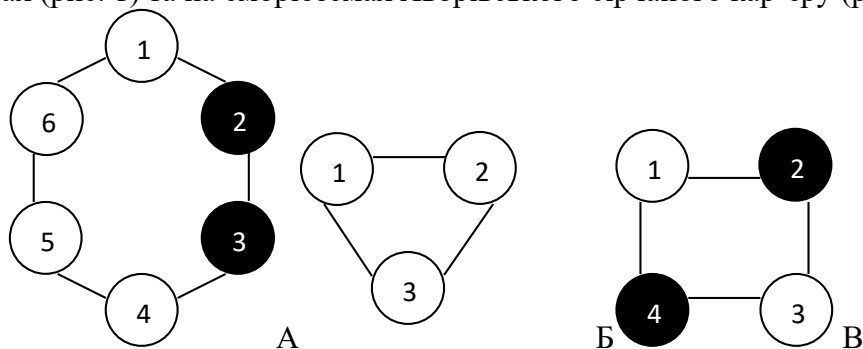
Встановлено, що до типових домінуючих видів у пост техногенних ландшафтах ЯСК відносяться сім мікроміцетів. Це, зокрема, види з відміченням просторової та тимчасової частоти трапляння у %: *Oidiodendron echinullatum* – 73, 74, *Cladosporium cladosporioides* – 66, 70, *Trichoderma lignorum* – 88, 61, *Trichoderma viride* – 63, 68, *Trichoderma terreus* – 65, 68, *Penicillium citrinum* – 72, 70, *Aureobasidium pullulans* – 77, 54. Вісім видів ґрунтових грибів визначено як типові часті мікроміцети. Це, відповідно в %, *Penicillium brevicompactum* – 58, 51, *Aspergillus*

*fumigatus* – 53, 48, *Fuzarium oxysporum* – 58, 50, *Humicola grisea* – 49, 41, *Zugomicets sp.* – 46, 40, *Monilia cinerea* – 36, 38, *Rhizopus oryzae* – 35, 45 та *Aureobasidium tenuisima* – 31, 40. П'ятнадцять видів грибів – домінантні та часті, формують основу структурних особливостей девастрованих ґрунтів.

За результатами узагальнення рослинних описів на досліджуваних ембріоземах Яворівського сірчаного кар'єру виділено наступні типи фітоценозів: болотно-рудеральний, болотний, лучно-болотний, лучний, чагарниково-лучно-рудеральний, чагарниковий та лісовий. Кожен з відмічених типів фітоценозів характеризується своїми специфічними характеристиками відносно мікрорельєфу формування, механічного складу ґрунтового субстрату та впливу негативних антропогенних та екологічних факторів. Конкретний тип фітоценозу характеризується специфічною горизонтальною та просторовою структурою розташування в просторі рослинних компонентів.

Аналіз прилеглої до території Яворівського сірчаного кар'єру лісових земель вказує на те, що тут панують два типи лісорослинних умов – свіжий сугрудок, приурочений до вирівняних і дещо випуклих форм рельєфу, та вологий сугрудок грудуватого підтипу, поширений на схилах і пониженнях. В цих типах лісорослинних умов формуються насадження таких типів лісу: свіжа дубово-соснова судіброва, волога буково-соснова судіброва, волога буково-соснова судіброва грудуватого підтипу і свіжа грабово-соснова судіброва. За віковою структурою насадження переважно умовно-одновікові, які характеризуються деревостанами з трьома ярусами. Деревостани високобонітетні, особливо в свіжих сугрудах грудуватого підтипу, де сосна і дуб досягають I бонітету.

На основі розрахунків визначено основні комплекси мікроміцетів, що сформувалися на зональних ґрунтах (рис. 1) та на ембріоземах Яворівського сірчаного кар'єру (рис. 2).



A: 1). *Penicillium ochro-chlorum*

2). *Cladosporium cladosporioides*

3). *Aspergillus niger*

4). *Penicillium citrinum*

5). *Trichoderma terreus*

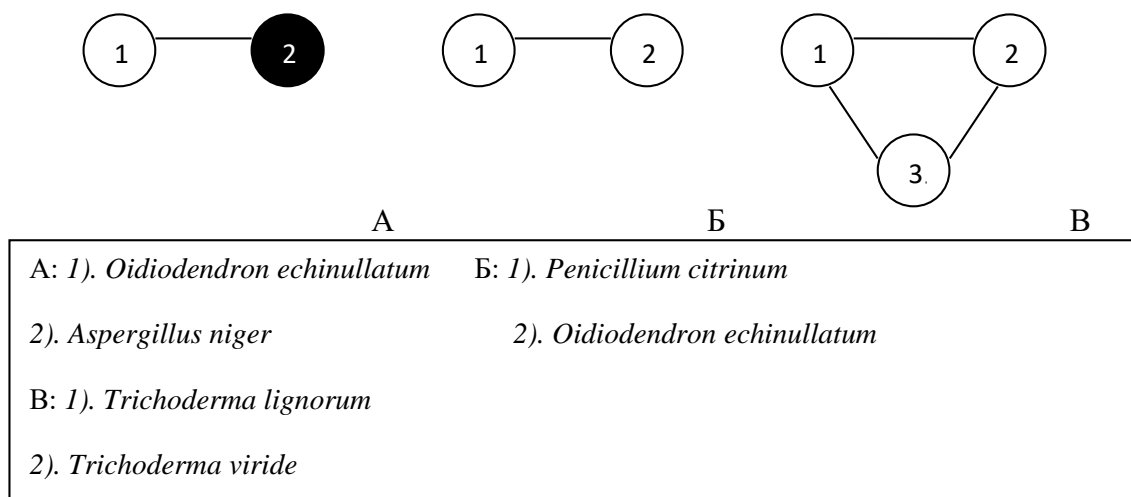
6). *Fuzarium oxysporum*

Б: 1). *Fuzarium oxysporum*

2). *Trichoderma lignorum*

3). *Paecilomyces lilacinus*

Рис. 1. Комплекси ґрунтових організмів, що сформувались на зональних типах ґрунту



**Рис. 2. Комплекси ґрунтових мікроміцетів, що сформувались на ембріоземах**

Результати кореляційного аналізу біоти мікроміцетів кожного з екотопів впродовж 2019–2021 років засвідчили, що у ембріоземах сформувались примітивні комплекси, які переважно склались із світло-забарвлених видів. Усі вони утворились за високого рівня схожості  $r = 1,0; 0,95; 0,89$ , і віднесені до замкненої тричленної та лінійної. Структурними для плеяд виступали роди: *Oidiodendron*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*.

У зональних ґрунтах також виявлено стабільні грибні комплекси. Кореляційні плеяди, що відображали їх структуру на рівні  $r = 1,0$ , належали до типів "зірка-сітка" і "квадрат", тричленна плеяда. Грибні комплекси зональних ґрунтів характеризувались переважанням структурних світлозабарвлених видів *Penicillium ochro-chlorum*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Trichoderma lignorum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Penicillium citrinum*, *Trichoderma terreus*. Деякі види меланінвмісних родів грибів входили до грибних комплексів зональних ґрунтів, зокрема *Cladosporium Cladosporioides*, *Aspergillus niger*.

Аналіз матеріалу за сезонами показав, що найбільш стабільні грибні комплекси утворюються у всіх екотопах протягом літніх місяців. Формування у ембріоземах з високим вмістом сірки стабільних грибних комплексів свідчить про структурну перебудову мікобіоти ґрунтів. Як наслідок, у ембріоземах утворились високоорганізовані комплекси мікроміцетів, в яких провідна роль належить світло-забарвленим видам.

Загалом, формування стабільних грибних комплексів з високим вмістом специфічних видів грибів в екстремальних за умовами існування екотопах підтверджує значну їх резистентність до такого роду впливів.

Даний кількісний підхід для аналізу комплексів мікроміцетів дозволив встановити характерні гриби для різних типів ґрунтів, показати специфіку мікроскопічних грибів для кожного типу ґрунту – приналежність їх до закону географічного зонального розповсюдження мікроорганізмів. Показано, що за зміною комплексу типових видів мікроміцетів можна оцінювати різні антропогенні впливи, за збільшенням представленості фітотоксичних видів встановити їх роль в токсикозі ґрунтів, виявити види, що є характерними для конкретних ґрунтових умов та рослинних сукцесій. Комплекс типових видів виявився важливою характеристикою ґрунту і водночас інструментом для вирішення питань, пов'язаних з генезисом ґрунтів, визначенням ступеня антропогенного впливу на ґрунти і проблем скринінгу штамів-продуцентів.

На ембріоземах спостерігається зростання фітотоксикозу порівняно із зональними ґрунтами, що супроводжується пригніченням розвитку. У розвитку фітотоксикозу ембріоземів бере участь як абіогенний чинник (накопичення полютантів), так і біогенний чинник (накопичення мікроміцетів).

Прискорення процесу відновлення природної продуктивності та екологічних функцій наближеного до природи лісу є можливим заходами з інокуляції препаратів на основі мікоризи. Для виявлення властивостей симбіотичних грибів стабілізували едатою в умовах підвищеного вмісту в ґрунті сполук сірки. Проведено визначення особливостей локалізації та трансформації сірки в клітинах *Oidiodendron echinulatum*. Дослідний мікроміцет *Oidiodendron echinulatum* вирощували на середовищі Чапека. Склад середовища (г/л): KCl – 0.5, MgSO<sub>4</sub> – 0.5, KН<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> – 1.0, FeSO<sub>4</sub> – 0.01, (1 мл 1% розчину). Оскільки гриб виділено з територій у яких вміст сірки перевищував норму у 10 разів, було збільшено кількість FeSO<sub>4</sub> до 0,1, тобто 10% розчину, NaNO<sub>3</sub> – 2,0, сахароза – 20,0, Н<sub>2</sub>О дист.; рН – 7,0. У складі FeSO<sub>4</sub> введено мічений ізотоп сірки <sup>35</sup>S у середовище, де вирощувався гриб. Використовуваний метод ізотопних індикаторів базується на положеннях, що хімічні властивості різних ізотопів одного елемента практично однакові, завдяки чому їх поведінка в процесах, які вивчаються, не відрізняється від поведінки інших атомів того ж елемента, а по-друге, радіоактивні ізотопи у кількостях, що застосовуються у якості мітки, не чинять біологічної дії на живі організми. Таким чином, отримано можливість спостерігати міграцію та накопичення сірки в грибній культурі. Резистентність мікроміцету *Oidiodendron echinulatum* пов'язано з наявністю меланіну, який показав діючі властивості в якості транспортера енергії для обміну. Окрім того, відмічене зростання гіф в напрямку іонізуючого випромінювання ізотопу <sup>35</sup>S. Отримані знання покладено в основу розробки способів використання гриба *Oidiodendron echinulatum* в сільватизації забруднених сіркою ембріоземів ЯСК та у технології вирощування садивного матеріалу фітомеліоративних порід, для підвищення приживлюваності та ефективності вирощування лісових культур на дегазованих сірчаними виробітками земель.

В умовах напівконтрольованого середовища було проведено експеримент з вирощування садивного матеріалу. Використовували сіянці дерев та чагарників, що поширені у фітомеліорації: *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth., *Sorbus aucuparia* L., *Prunus divaricata* Ledeb., *Robinia pseudoacacia* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Rosa canina* L. В експерименті інокулювали корені рослин споровим препаратом мікоризи. Контролем слугували сіянці, висаджені без інокуляції.

Меліоруючу роль впливу інокуляції сіянців дерев і чагарників арбускулярними мікоризними (АМ) грибами на їхню приживленість та ріст на сірковмісних техногенних ґрунтах ЯСК досліджували протягом двох вегетаційних сезонів у напіввиробничих умовах шляхом посадки сіянців у ящики з ґрунтом, відібраним на ембріоземах. Догляд за сіянцями і вимірювання їх морфометричних показників росту і розвитку проводили протягом вегетаційного сезону. Ріст і розвиток висаджених сіянців оцінювали за приживлюваністю рослин та їх приростами у висоту за перший та другий роки вирощування.

Приживлюваність сіянців дослідних порід в середньому становить 26,00±2,00% у 2019 р. та 25,50±1,80% у 2020 р. Оброблення сіянців АМ грибами сприяє значному збільшенню приживлюваності сіянців. Так, у 2019 р. показник середньої приживлюваності дослідних порід становив 79,50±4,56% та 86,50±3,54% у 2021 р. Тобто, збільшення приживлюваності сіянців дослідних порід у 2019 р. становило в середньому у 3,1 рази, а у 2021 р. у 3,4 рази більше у порівнянні з контролем. При цьому, слід вказати на те, що показник приживлюваності змінювався як в межах окремої породи, так і в окремий вегетаційний сезон.

**Висновки.** В процесі ревіталізації порушених ландшафтів за допомогою мікоризації садивного матеріалу, в межах діяльності гірничо-хімічних підприємств, є тенденція до відновлення і зростання фіторізноманіття на флористичному і ценотичному рівнях. При цьому відзначено, що частка синантропних видів у процесі вища, ніж в умовах залуження вільних і антропогенних територій, а очищення трав'яних фітоценозів відбувається швидше, ніж лісових і чагарникових, які через свою довговічність та нівелюючу властивість мають тривалий період ремедіації і формування типових лісових фітоценозів та їх фіторізноманіття.

**Подяка.** Цю роботу підготовлено завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та



прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

**Список використаних джерел:**

1. Ruda M. Scientific development and achievements: колективна монографія / M. Ruda, M. Paslavskyi, Y. Taras. – London: SCIEMCEE Publishing London, 2018. – 402 с.
2. Shu C., Ruda M., Dzhumelia E., Shybanova A., Kochan O., Levkiv M. Restoring Soil Cover and Plant Communities with Arbuscular Mycorrhizal Fungi as an Essential Component of DSS for Environmental Safety Management in Post-Industrial Landscapes // *Agronomy*. – 2023. – 13(5) – 1346.
3. Medium-term effects of mycorrhizal inoculation and composted municipal waste addition on the establishment of two Mediterranean shrub species under semiarid field conditions / [ F. Caravaca, D. Figueroa, C. Azcón-Aguilar and others]. // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2003. – Vol. 97. – P.95–105.
4. Ruda M. V., Taras Y. M. Ecological monitoring and determination of photosynthesis parameters in equations of woody plants // *ΛΟΓΟΣ : збірник наукових праць / Громадська організація «Європейська наукова платформа»*. – 2018. – Т. 10: Матеріали науково-практичної конференції "Підсумки розвитку наукової думки", Івано-Франківськ, 5 грудня 2018 р. – С. 7–11.
5. Obshta A., The model of environmental assessment of complex landscape systems / Obshta, A., Bubela, T., Ruda, M., Kochan, R. // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2018* 18(3.2), pp. 973-980 (Scopus)

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОШИРЕННЯ ВОДОРОЗЧИННИХ ФОРМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВІДХОДАХ ВУГЛЕВИДОБУТКУ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРИКОНА ЦЗФ «ЧЕРВОНОГРАДСЬКА»)**

*Кочмар І.М., irynalevytska1@gmail.com,*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна*

Значне антропогенне навантаження на території під час ведення гірничодобувних робіт у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні протягом багатьох десятиріч зумовило техногенну ураженість територій. Підземний видобуток кам'яного вугілля супроводжується накопиченням на поверхні великих об'ємів пустих порід, які в подальшому складаються у відвали, результатом чого є техногенна зміна ландшафтів та рельєфу. Вивчення хімічного складу супутніх порід (аргіліту, алевроліту, пісковиків), які вилучаються з надр під час вуглевидобутку та їх можливий вплив на ґрундове та водне середовища є важливим з метою оцінки екологічної безпеки техногенно-трансформованих ландшафтів.

## **ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE SPREAD OF WATER-SOLUBLE FORMS OF HEAVY METALS IN COAL MINING WASTE (ON THE EXAMPLE OF TERIKON CCEP "CHERVONOGRADSKA")**

*Kochmar I., irynalevytska1@gmail.com,*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

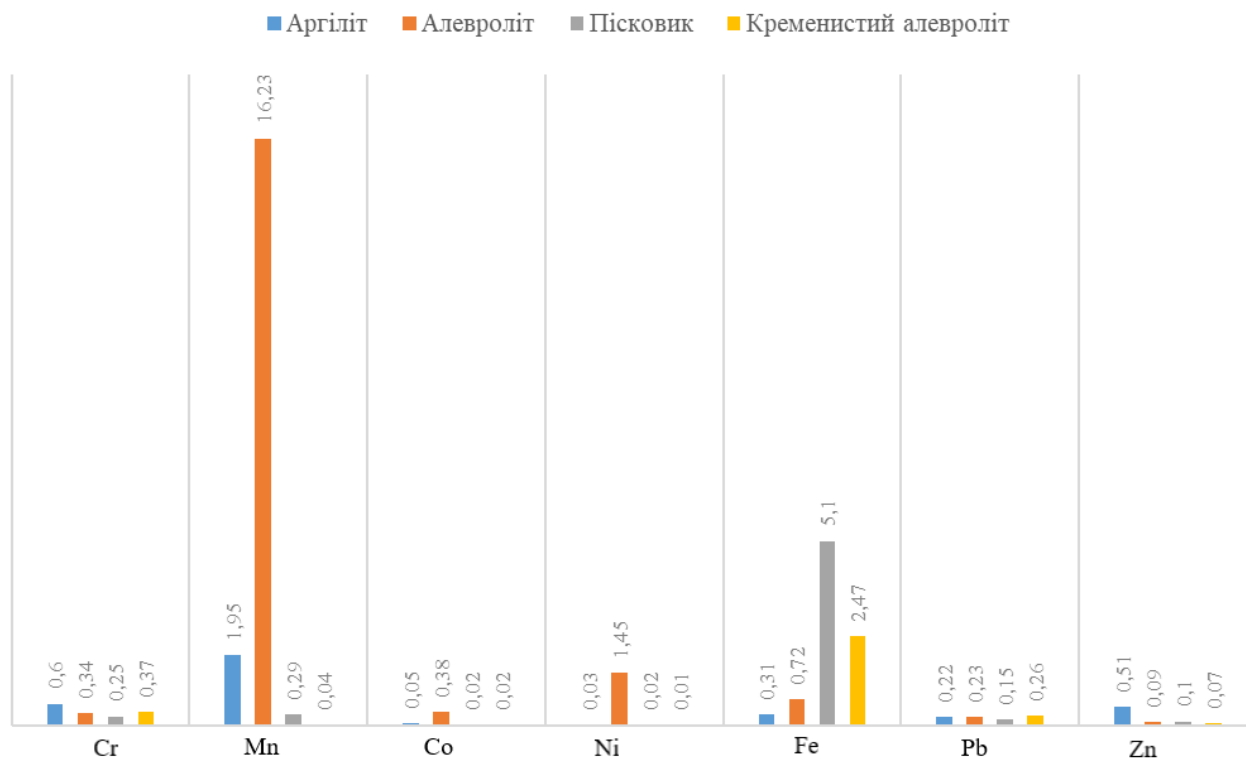
Significant anthropogenic load on the territory during mining operations in the Lviv-Volyn coal basin for many decades caused the technogenic impact of the territory. Underground coal mining is accompanied by the accumulation on the surface of large volumes of empty rocks, which are later stored in a dump, resulting in man-made changes in landscapes and relief. The study of the chemical composition of associated rocks (mudstone, siltstone, sandstone) that are found from the subsoil during coal mining and their possible impact on the soil and water environment is placed for the purpose of assessing the ecological safety of technogenically transformed landscapes.

Однією з основних екологічних проблем урбанізованих та техногенно-трансформованих територій є накопичення та можливість міграції важких металів [1]. Дослідження та аналіз даного питання є актуальним для гірничодобувних територій, зокрема для Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, в якому починаючи з середини ХХ століття проводиться активний видобуток вугілля, а з 1979 року введена в дію Центральна збагачувальна фабрика «Червоноградська» (ЦЗФ «Червоноградська»). Беручи до уваги потенційну небезпеку важких металів для живих організмів важливим є вивчення питання їх міграції з пустої відвальної породи [2]. До основних потенційно небезпечних елементів, які можуть мігрувати з териконів у ґрундове та водне середовища, слід віднести свинець, кобальт, цинк, хром, нікель, залізо, манган та інші.

Відомо, що вивітрювання, водна ерозія та вилуговування – це основні шляхи потрапляння забруднюючих речовин з териконів в межах гірничо-видобувних комплексів у ґрундове середовище та постійно створює ризик забруднення підземних вод відкритих водоносних горизонтів і поверхневих вод у місцях відвалів [3,4]. З метою вивчення рухомості металів було приготовлено водні витяжки з відвальних порід терикона ЦЗФ «Червоноградська». Відбір проб порід у кількості 10 одиниць проводився у різних частинах терикону з глибини 0,2–0,3 м. Усі проби були висушені, подрібнені та розділені за фракціями. Витяжки з порід здійснено з об'єднаних проб аргіліту, алевроліту, пісковика та кременистого алевроліту, зберігалось співвідношення мас “порода-розчин” 1:10. Встановлення концентрації важких металів у витяжках здійснено атомно-абсорбційним методом з використанням спектрометра ААС-115-М-1.

Результати досліджень визначення вмісту рухомих форм металів у породах терикона ЦЗФ «Червоноградська» представлені на рис. 1 [5-7]. Слід відзначити, що досліджувані важкі метали: марганець, свинець, кобальт, хром характеризуються загально-санітарним показником шкідливості та впливають на процес самоочищення ґрунту та його біологічну активність. Натомість, цинк характеризується фітоаккумуляційним (транслокаційним) показником

шкідливості та здатністю переходити через кореневу систему у рослини та накопичуватися у зеленій масі та плодах.



**Рис. 1. Вміст водорозчинних форм металів у породах терикона ЦЗФ «Червоноградська», мг/кг**

Встановлено, що концентрація хрому зростає в ряді пісковик – алевроліт – кременистий алевроліт – аргіліт та варіює в межах 0,25–0,6 мг/кг. Вміст мангану в досліджуваних породах коливається в межах від 0,04 до 16,23 мг/кг, кобальту від 0,02 мг/кг у пісковіку до 0,38 мг/кг у алевроліті. Вміст водорозчинного нікелю варіюється в межах від 0,01 мг/кг в кременистому алевроліті до 1,45 мг/кг в алевроліті. Залізо є маломобільним елементом, а його концентрація коливається в межах 0,31–5,1 мг/кг та зростає в ряді аргіліт – алевроліт – кременистий алевроліт – пісковик. Вміст водорозчинного свинцю лежить в межах 0,15–0,26 мг/кг, а цинку знаходиться в діапазоні від 0,07 мг/кг у аргіліті до 0,51 мг/кг у алевроліті.

Важкі метали, що концентруються у породах терикона ЦЗФ «Червоноградська» є малорухомими у водній витяжці. Найбільший вміст водорозчинних політантів виявлений у аргіліті та алевроліті, найменший – у пісковіку.

#### **Список використаних джерел:**

1. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2020. 2. 440. P. 48–54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>.
2. Kucher L., Krasnoshtan I., Nedilska U., Muliarchuk O., Manzii O., Menderetsky V., Boroday V., Beregniak E., Voitsekhivskiy V., Myronycheva O. Heavy Metals in Soil and Plants During Revegetation of Coal Mine Spoil Tips and Surrounded Territories. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24 (7). P. 234–245. <https://doi.org/10.12911/22998993/164756>
3. Agboola O., Babatunde D.E., Fayomi O.S.I., Sadiku E.R., Popoola P., Moropeng L., Yahaya A., Mamudu O.A. A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*. 2020. Vol. 8. 100181. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>.
4. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій. Монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 334 с.

5. Кочмар І. М., Карабин В.В. Поширення окремих важких металів у породах терикона центральної збагачувальної фабрики «Червоноградська» Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2023. 25. С. 5–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.25.2022.01>
6. Кочмар І. М., Карабин В. В. Форми знаходження Cr та Mn у породах терикона центральної збагачувальної фабрики "Червоноградська" Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Т. 32. № 4. С. 44–48.
7. Kochmar I., Karabyn V. Investigation of deportment of chalcophilic heavy metals in the waste rock of Central coal enrichment plant "Chervonohradska" for the purposes of environmental safety of Lviv-Volyn coal basin. *Environmental Problems*. 2022. Vol. 7. No. 4. P. 169–176. <https://doi.org/10.23939/ep2022.04.169>

## МОЖЛИВІ ЕКОСИСТЕМНІ ПЛАТЕЖІ У СТРУКТУРІ МІСЦЕВИХ БЮДЖЕТІВ ГРОМАД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

**Улицький О.А.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, olegulytsky@gmail.com,

**Сухіна О.М.<sup>2</sup>**, к. екон. н., с. н. с., olsuhina@ukr.net,

**Антоненко В.М.<sup>3</sup>**, к. екон. н., доцент, sunduk.55@ukr.net,

*1 – Навчально-науковий інститут екологічної безпеки та управління*

*Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління*

*Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, м. Київ, Україна,*

*2 – Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку*

*Національної академії наук України», м. Київ, Україна,*

*3 – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Луцьк, Україна*

Стаття присвячена обґрунтуванню значень можливих екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг для місцевих бюджетів територіальних громад Червоноградського гірничопромислового району, оцінюванню частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті. Для цього здійснено аналіз лісових екосистем району. Проаналізовано статистичні дані, показники місцевих бюджетів Белзької, Великомошівської, Радехівської, Сокальської, Червоноградської міських територіальних громад, Добротвірської та Лопатинської селищних та здійснено розрахунки щодо визначення розмірів екосистемних платежів.

Визначені можливі екосистемні платежі порівнювалися з розмірами екологічного податку для кожної громади району, із розмірами екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення, з доходами бюджету громад. Порівнювалися розміри екологічного податку з доходами громад, видатки на природоохоронні заходи у витратах бюджетів громад.

Доходи місцевого бюджету громад та передбачені видатки місцевого бюджету часто збігаються. Визначення частки можливих екосистемних платежів за використання послуг лісів у витратах на охорону, захист довкілля, є неможливим, адже видатки громад на природоохоронні заходи у 100-1700 разів є меншими, ніж можливі екосистемні платежі.

У місцевих бюджетах можливі екосистемні платежі могли б становити 2,35–30,2 % витрат бюджету громад. Це сприятиме збереженню лісів та розвитку територіальних громад, особливо у зв'язку з децентралізацією владних повноважень в Україні

**Ключові слова:** екосистемні платежі за використання послуг лісів, екологічний податок, місцеві бюджети, гірничопромисловий регіон.

## POSSIBLE ECOSYSTEM PAYMENTS IN THE STRUCTURE OF LOCAL BUDGETS OF COMMUNITIES OF THE CHERVONOGRAД MINING DISTRICT

**Ulytskyi O.<sup>1</sup>**, Dr. Sci.(Geol.), Associate professor, olegulytsky@gmail.com,

**Suhina O.<sup>2</sup>**, Cand. Sci.(Econ.), Senior Researcher, olsuhina@ukr.net,

**Antonenko V.<sup>3</sup>**, Cand. Sci.(Econ.), Associate professor, sunduk.55@ukr.net,

*1 – The Educational-Scientific Institute of Environmental Security and Management of the State Environmental Academy of Graduate Education and Management of*

*Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*

*2 – Public Institution «Institute of Environmental Economics and Sustainable Development of the National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine,*

*3 – SHEE «Donetsk National Technical University, Luts'k, Ukraine*

The article is devoted to substantiating the values of possible ecosystem payments for the use of forest ecosystems and their services for the local budgets of territorial communities of the Chervonograd mining district, assessing the share of these payments in the general local budget. To do this, an analysis of the forest ecosystems of the district was carried out. Statistical data, indicators of the local budgets of Belzka, Velikomostivska, Radekhivska, Sokalska, Chervonogradska urban territorial communities, Dobrotvirska and Lopatyna settlements were analyzed, and calculations were made to determine the size of ecosystem payments.

The determined possible ecosystem payments were compared with the rate of the environmental tax for each community of the district, with the size of the environmental tax, which is paid for emissions of pollutants into the atmosphere by stationary sources of pollution, with the revenues of the community budget. The rate of the ecological tax was compared with the incomes of the communities, the expenses for environmental protection measures in the expenses of the budgets of the communities.

Revenues of the local budget of communities and planned expenditures of the local budget are often the same. Determining the share of possible ecosystem payments for the use of forest services in the costs of protection and environmental protection is impossible, because community expenditures on environmental protection measures are 100-1700 times smaller than possible ecosystem payments.

In local budgets, possible ecosystem payments could amount to 2.35–30.2% of community budget expenditures. This will contribute to the preservation of forests and the development of territorial communities, especially in connection with the decentralization of authorities in Ukraine

**Key words:** ecosystem payments for the use of forest services, environmental tax, local budgets, mining region.

**Вступ.** Одним з найвідоміших центрів гірничодобувної промисловості у Львівській області є Червоноград. Місто розміщене на півночі області та становить Червоноградський гірничопромисловий район, що являється провідним комплексом з видобутку вугілля на заході України. Загалом, у Червонограді містяться такі шахти з видобутку копалин як: «Великомостівська», «Межирічанська», «Надія», «Степова», «Відродження», «Лісова», «Червоноградська» [1]. Питома вага добувної промисловості у місті складає 68,9 %. Червоноградський гірничопромисловий район розташований на півночі Львівської області в межах південної частини Волинської височини, на півдні в межах улоговини річок Західний Буг і Стир. Кордон між ними проходить по долині річки Солокія. Основні природні ресурси регіону: Забузьке і Межирічанське (розроблені) і Тягівське та Люблінське (розвідані) родовища кам'яного вугілля. Терикон Центральної збагачувальної фабрики «Червоноградська» – найбільший рукотворний елемент ландшафту у Європі.

Значний вплив на стан навколишнього природного середовища Червоноградського району мають вугледобувні підприємства. Під час видобутку тонни вугілля шахтним способом на поверхню надходить приблизно 100 м<sup>3</sup> шахтної води, 13 м<sup>3</sup> метану, 8 м<sup>3</sup> діоксиду вуглецю. Джерелами забруднення атмосферного повітря є викиди метану шахтними вентиляційними установками, продукти згорання внаслідок самозаймання вуглевмісних порід у відвалах і териконах. Викид без очищення твердих забруднюючих речовин в атмосферне повітря, викид газоподібних і рідких шкідливих речовин без попереднього уловлювання негативно позначається на стані лісових екосистем.

До Червоноградського району Львівської області відносяться: Белзька, Великомостівська, Радохівська, Сокальська, Червоноградська міські територіальні громади (ТГ) та Добротвірська і Лопатинська селищні ТГ. Одним із джерел фінансування природоохоронних заходів є кошти від сплати екологічного податку. Проте в Україні цих коштів недостатньо для збереження лісових екосистем. Наприклад, після розподілу екологічного податку до Державного (туди надходить 45 %) та обласних (30 %) бюджетів через казначейство, у Червоноградській міській територіальній громаді (ТГ) на 2023 р. залишається коштів лише 400,0 тис. грн. [2] (25 % – до бюджетів місцевого самоврядування спрямовується коштів від сплати екологічного податку). У Сокальській ТГ доходи від надходження коштів від сплати екологічного податку передбачено в сумі 400,1 тис. грн. В окремих міських та селищних ТГ залишаються несуттєві суми екологічних податків – по декілька тисяч гривень. Так, у Белзькій міській ТГ на 2023 р. передбачено надходження коштів від сплати екологічного податку у сумі 20,0 тис. грн. (до спеціального фонду) [3]; у Великомостівській міській ТГ – 26,9 тис. грн. [4], у Лопатинській селищній ТГ – 30 тис. грн. [5]. Це досить мізерні кошти для територіальних громад, особливо тих, де здійснюється видобуток корисних копалин, розміщено підприємства промисловості, чи в сусідніх регіонах, а зазнають впливу. У вищеперелічених ТГ площа лісів складає близько половини площі ТГ. Проте, якщо ліси належать до лісгоспів, видатків на збереження лісових екосистем немає.

У відділі доходів Червоноградської міської ради зазначили, що кошти, передбачені на проведення природоохоронних заходів (додаток 3 [2]), більше використовуються для переробки сміття, технології сортування сміття, будівництва підприємства з переробки твердих побутових відходів (ТПВ), менше – для утилізації шлаків від видобутку кам'яного вугілля.

Згідно з даними відділу фінансування, бухгалтерії та госпзабезпечення Сокальської міської ради, у Сокальській міській ТГ природоохоронні заходи включають будівництво каналізаційного колектора під річкою Західний Буг від смт Жвирка (КНС) до м. Сокаль), на



водовідведення, укріплення канами, мостового переходу через канау. На це потрібно декілька мільйонів гривень; ще повинні надати кошти з області. Також планується видобуток цінних мінералів із шламів (з допомогою висушування, центрифугування), проєкт лиш розробляється, і необхідно 100 тис. грн. на розробку шламонакопичувача, розробку проєктно-кошторисної документації. Сокальський завод хімічного волокна демонтовано. Нині в Сокалі є заводи залізобетонних виробів, дві цегельні фабрики, які забруднюють атмосферне повітря.

У Бельській ТГ видатки, передбачені на природоохоронні заходи, йдуть на підгортання відходів, боротьбу із борщівником Сосновського.

Система оподаткування лісогосподарської сфери є застарілою та не створює стимулів для більш ефективного господарювання. Держлісагентство України неодноразово виходило з пропозиціями щодо удосконалення моделі відповідно до європейських практик. Вони сподіваються, що спільно з представниками Асоціації міст України зможуть зрушити це питання, знайшовши компромісне рішення, яке влаштує і врахує інтереси всіх сторін [6].

Для збереження лісових екосистем, додаткового збільшення доходу територіальних громад вже можна досягти за рахунок впровадження екосистемних платежів за використання екосистемних послуг лісів, зокрема асиміляційних. Доцільно обґрунтувати значення екосистемних платежів для місцевих бюджетів, оцінити частку цих платежів у загальному місцевому бюджеті та у витратах на охорону, захист навколишнього природного середовища тощо. Необхідно визначити показники бюджетів регіонів, громад, природних об'єктів територій України, для яких у попередніх кварталах здійснювалася диференціація екосистемних платежів.

**Мета дослідження** – обґрунтування значень можливих екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг для місцевих бюджетів територіальних громад Червоноградського району, оцінка частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті та у витратах на охорону природи.

З допомогою власних розрахунків, здійснених у попередніх звітах про виконання НДР, нами обґрунтовано значення можливих екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг, зокрема асиміляційних, для місцевих бюджетів територіальних громад Червоноградського району Львівської області, оцінка частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті та у витратах на охорону, захист довкілля тощо. Оскільки нашим завданням було визначити частку екосистемних платежів за використання послуг лісів у витратах на охорону, захист довкілля тощо, то це є неможливим, адже видатки ТГ на природоохоронні заходи за рахунок цільових фондів у 100-1700 разів є меншими, ніж можливі екосистемні платежі. Згідно статистичних даних, доходи місцевого бюджету територіальних громад та передбачені видатки місцевого бюджету часто є однаковими.

В міських територіальних громадах Червоноградського району (Бельської, Великомоствської, Радехівської, Сокальської, Червоноградської) Львівської області:

- можливі екосистемні платежі за використання лісових екосистем та їх послуг будуть в 47,98–1747,02 рази більшими, ніж розміри екологічного податку;
- можливих екосистемних платежів буде в 75,27–3 875,1 разів більше, ніж екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення;
- можливі екосистемні платежі складали б 2,35–30,2 % доходів бюджету міських ТГ;
- частка екологічного податку в доходах громад становить 0,012–0,099 %;
- частка видатків на природоохоронні заходи у витратах бюджету громад складає 0,018–0,1 %;
- можливі екосистемні платежі могли б становити 2,35–30,2 % витрат бюджету громад.

Окремо по Червоноградській міській ТГ показники можуть бути наступними: можливі екосистемні платежі будуть в 47,98 рази більше, ніж екологічного податку; можливих екосистемних платежів буде в 75,27 разів більше, ніж екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення; можливі екосистемні платежі складали б 2,35 % доходів бюджету Червоноградської міської ТГ; частка екологічного податку в доходах громади становить лише 0,049 %; частка видатків на

природоохоронні заходи у витратах бюджету громади складає 0,049 %; можливі екосистемні платежі могли б становити 2,35 % витрат бюджету громади (табл. 1).

Таблиця 1

**Обґрунтування значень можливих екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг, зокрема асиміляційних, для місцевого бюджету Червоноградської міської територіальної громади, оцінка частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті \***

Територіальна громада	Площа лісів, га	Результати обрахунку розмірів екосистемних платежів за використання послуг лісів, грн./га	Обґрунтування значень екосистемних платежів за використання послуг лісів для місцевих бюджетів, оцінка частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті ТГ	Частка екосистемних платежів за використання послуг лісів у видатках місцевого бюджету ТГ
5. Червоноградська міська ТГ (площа громади – 22 810,74 га). Висота над рівнем моря - 292 м.	6 191,57 (27,14 % від площі ТГ)	<i>ЕП<sub>л</sub></i> – 3 100,0 грн./га, тоді всього екосистемних платежів по громаді буде <b>19 193 867 грн.</b> (3 100,0 грн./га × 6 191,57 га)	Згідно з додатком № 1 до рішення Червоноградської міської ради від 22.12.2022 № 1565 [2] всього <b>доходи</b> місцевого бюджету передбачено – 816 108 000,0 грн., до спеціального фонду – 34 252 900,0 грн. - <b>Доходи</b> від надходження коштів від сплати екологічного податку передбачено 400 000,0 грн. (всього, і в т. ч. до спеціального фонду – 400 000,0 грн.). - Доходи від надходження екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (за винятком викидів в атмосферне повітря двоокису вуглецю), передбачено 255 000,0 грн. (до спеціального фонду). - <b>Тоді можливих екосистемних платежів буде в 47,98 рази більше, ніж екологічного податку.</b> - Можливих екосистемних платежів буде в 75,27 разів більше, ніж екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення. - <b>Можливі екосистемні платежі склали б 2,35 % доходів бюджету ТГ.</b> В той час як частка екологічного податку в доходах ТГ становить лише 0,049 %.	Згідно з додатком № 3 до рішення Червоноградської міської ради від 22.12.2022 № 1565 [...] всього <b>видатки</b> місцевого бюджету передбачено 816 108 000,0 грн., зі спеціального фонду всього – 34 252 900 грн. - <b>Видатки</b> на природоохоронні заходи за рахунок цільових фондів передбачено 400 000,0 грн. (зі спеціального фонду).  - <b>Тоді частка видатків на природоохоронні заходи у витратах бюджету громади складає 0,049 %.</b> - <b>Можливі екосистемні платежі могли б становити 2,35 % витрат бюджету Червоноградської громади.</b>

\* Розроблено автором к. екон. н., с.н.с. Сухіною О.М.

Серед досліджуваних територіальних громад в Червоноградському районі Львівської області щодо сплати екологічного податку особливо виділяється Добротвірська селищна ТГ, в якій є такі показники:

- можливих екосистемних платежів буде в 1,007 рази більше, ніж екологічного податку;
- можливих екосистемних платежів буде в 1,153 разів більше, ніж екологічного податку, який справляється за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення;

- можливі екосистемні платежі складали б 16,03 % доходів бюджету Добротвірської селищної ТГ;
- частка екологічного податку в доходах громади становить лише 15,9 %;
- частка видатків на природоохоронні заходи у витратах бюджету громади складає 15,9 %;
- можливі екосистемні платежі могли б становити 16,03 % витрат бюджету Добротвірської громади.

Якщо в інших ТГ доходи від надходження коштів від сплати екологічного податку складають трохи більше 0,01 % до всіх доходів ТГ, частка екологічного податку в доходах Добротвірської громади становить 15,9 %. Власне доходів від надходження коштів від сплати екологічного податку передбачено 22 300 000,0 грн.

Такі суми надходжень коштів від сплати екологічного податку є завдяки Добротвірській ТЕС, оскільки вона є значним забруднювачем навколишнього природного середовища (85 % електроенергії виробляється на вугіллі Львівсько-Волинського басейну (і м. Червоноград), для виробництва решти використовується газ).

Проте жодної копійки із 22,3 млн. грн. не виділяється для збереження лісових екосистем, оскільки ліси належать лісовому господарству. Голова Добротвірської селищної ТГ зазначив, що із природоохоронних заходів здійснюється реконструкція систем водовідведення, і що екологічний фонд мав вузьке використання коштів.

Згідно з додатком № 3 до рішення Добротвірської селищної ради від 20.12.2022 р. № 23 [7] видатки на природоохоронні заходи за рахунок цільових фондів передбачені в сумі 22 300 000,0 грн. (зі спеціального фонду). З них – 4 500 000,00 – видатки споживання, які, за словами голови Добротвірської селищної ТГ йдуть на інше, а 17 800 000,00 – видатки розвитку, які, як капітальні видатки, йдуть на розвиток громади. Витрати розвитку – це видатки розвитку, надання кредитів з бюджету, розміщення бюджетних коштів на депозитах та придбання цінних паперів. Витрати споживання – це видатки споживання та погашення боргу.

Голова Добротвірської селищної ТГ зазначив, що громада користується правом використання під час військових дій коштів із Спеціального фонду, які направляються до Загального. 27 липня 2022 року набрав чинності Закон України №2390 «Про внесення змін до розділу VI «Прикінцеві та перехідні положення» Бюджетного кодексу України щодо посилення гнучкості місцевих бюджетів та підвищення оперативності прийняття рішень» (законопроект № 7426, розроблений Міністерством розвитку громад та територій). Як пояснюють в Мінрегіоні України, оскільки на рахунках спеціального фонду місцевих бюджетів є чималі кошти, які надходять від певних податків та відшкодувань, то в умовах воєнного стану варто дати громадам можливість витратити їх на нагальні потреби. Саме це передбачає Закон № 2390.

Раніше заступник Міністра розвитку громад та територій В'ячеслав Негода зазначав: «Кошти спеціального фонду мають цільове спрямування. Однак сьогодні вся Україна живе в умовах воєнного стану, громади мають різні потреби – одні оговтуються від наслідків окупації, другі – в зоні бойових дій, треті – забезпечують тил. Тому правильно дати їм змогу передавати кошти зі спеціального до загального фонду і фінансувати нагальні потреби. Використовувати ці кошти громади зможуть у відповідності до чинних законодавчих норм».

Але, на жаль, ці кошти не йдуть на відтворення лісових екосистем.

Отже, запровадження екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг сприяло б як збереженню лісових екосистем, так і розвитку територіальних громад Червоноградського району.

**Висновки.** Додаткового збільшення доходу територіальних громад вже можна досягти за рахунок впровадження екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг. Це сприятиме збереженню лісів та розвитку територіальних громад, особливо у зв'язку з децентралізацією владних повноважень в Україні. Наші розрахунки здійснювалися на прикладі лісових екосистем Львівської області, оскільки лісистість Львівщини є однією з найбільших в Україні. Нами обґрунтовано значення можливих екосистемних платежів за використання лісових екосистем та їх послуг для місцевих бюджетів територіальних громад

Червоноградського району (Белзької, Великомоствіської, Радехівської, Сокальської, Червоноградської міських ТГ, Добротвірської та Лопатинської селищних ТГ) Львівської області, оцінка частки цих платежів у загальному місцевому бюджеті, порівняння таких можливих екосистемних платежів із розміром екологічного податку та видатками на природоохоронні заходи.

В міських територіальних громадах Червоноградського району Львівської області: можливі екосистемні платежі могли б становити 2,35–30,2 % витрат бюджету громад.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бомко О. Розвиток шахт у Львівській області. Дата оновлення: 09.05.2023. URL: <https://leopolis.name/ru/eternal-ru-3720-rozvytok-shaht-u-lvivskij-oblasti> (дата звернення: 20.09.2023).

2. Про бюджет Червоноградської міської територіальної громади на 2023 рік : рішення сесії Червоноградської міської ради від 22 грудня 2022 № 1565 (Додаток 1 «Доходи місцевого бюджету на 2023 рік» та Додаток 3 «Розподіл видатків місцевого бюджету на 2023 рік»). Дата оновлення: 27.12.2022. URL: <https://www.chg.gov.ua/Biudzheth-gromady/st-321> (дата звернення: 18.09.2023).

3. Про бюджет Белзької міської територіальної громади на 2023 рік : рішення сесії Белзької міської ради від 30 листопада 2022 року № 711. Дата оновлення: 05.12.2022. URL: <https://www.belztg.gov.ua/rishennia-sesiii/stor-968> (дата звернення: 15.09.2023).

4. Про міський бюджет Великомоствіської міської ради (ТГ) на 2023 рік : рішення сесії Великомоствіської міської ради від 1 грудня 2022 року № 833. (Додаток 1 «Доходи місцевого бюджету на 2023 рік» та Додаток 3 «Розподіл видатків місцевого бюджету на 2023 рік»). Дата оновлення: 10.12.2022. URL: <https://vmgromada.gov.ua/bjudzheth-velikomostivskoi-miskoi-radi-na-2023-rik-09-53-12-14-12-2022/> (дата звернення: 16.09.2023).

5. Про місцевий бюджет Лопатинської селищної територіальної громади на 2023 рік : рішення сесії Лопатинської селищної територіальної громади на 2023 рік від 15 грудня 2022 р. № 18 (Додаток 1 «Доходи місцевого бюджету на 2023 рік» та Додаток 3 «Розподіл видатків місцевого бюджету на 2023 рік»). Дата оновлення: 20.12.2022. URL: [https://rada.info/upload/users\\_files/04369819/docs/e37ab5a8c0e6238087bf46f13d56e9cb.pdf](https://rada.info/upload/users_files/04369819/docs/e37ab5a8c0e6238087bf46f13d56e9cb.pdf) (дата звернення: 20.09.2023).

6. Розпочинаємо співпрацю з Асоціацією міст України (Державне агентство лісових ресурсів України). Дата оновлення: 30.05.2023. URL: <https://forest.gov.ua/news/rozpochynaємо-spivpratsiu-z-asotsiatsiieiu-mist-ukrainy> (дата звернення: 10.06.2023).

7. Про бюджет Добротвірської селищної територіальної громади на 2023 рік : рішення Добротвірської селищної ради від 20 грудня 2022 року № 23 (Додаток 1 «Доходи місцевого бюджету на 2023 рік» та Додаток 3 «Розподіл видатків місцевого бюджету на 2023 рік»). Дата оновлення: 25.12.2022. URL: <https://dobrotvirska-gromada.gov.ua/rishennya-25-sesii-vid-09122022-16-36-51-15-12-2022/> (дата звернення: 19.09.2023).

## **ЕВОЛЮЦІЯ РОЗВИТКУ ТЕХНОГЕННО-АКТИВІЗОВАНОГО СОЛЯНОГО КАРСТУ В МЕЖАХ СТЕБНИЦЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ**

*Дяків В.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*

*Петришин В.Ю.<sup>2</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Хевпа З.З.<sup>3</sup>, к. геол. н., zenonzxv@gmail.com,*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка, Львів, Україна; ТЗОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,*

*2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна,*

*3 – Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,  
м. Київ, Україна*

Виділено 5 етапів розвитку техногенно-активізованого карсту та проаналізовано динаміку водопритоків у гірничі виробки рудників Стебницького ГХП «Полімінерал», застосованих та способів боротьби з ними. Доведено, що провали № 27 та № 30, були спрогнозовані на підставі результатів експериментального моделювання, розрахунку матеріального балансу водопритоків у соленосні відклади, даних гідрогеологічного моніторингу за рівнями затоплення рудника № 2, польової верифікації руйнування між камерних ціликів та міжгоризонтної стелі. у 2014 році після обвалення ціликів між камерами № 108-109-110-111-112-113 пласта № 10 ПД-Сх рудника №2 було вказано точне місце, час та розміри провалу, які відповідають тому, що стався 30 вересня 2017 року. На п'ятому постмаїнінговому етапі після повного затоплення рудника № 2 можлива активізація залишкових карстово-суфозійних явищ, які спостерігаються в останні роки.

## **EVOLUTION OF THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICALLY ACTIVATED SALT KARST WITHIN THE STEBNYTSKY DEPOSIT OF POTASSIUM SALTS**

*Dyakiv V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com;*

*Petryshyn V.<sup>2</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Hevpa Z.<sup>3</sup>, Cand. Sci. (Geol.), zenonzxv@gmail.com,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, «Institute «GIRHIMPROM» LLC, Lviv, Ukraine,*

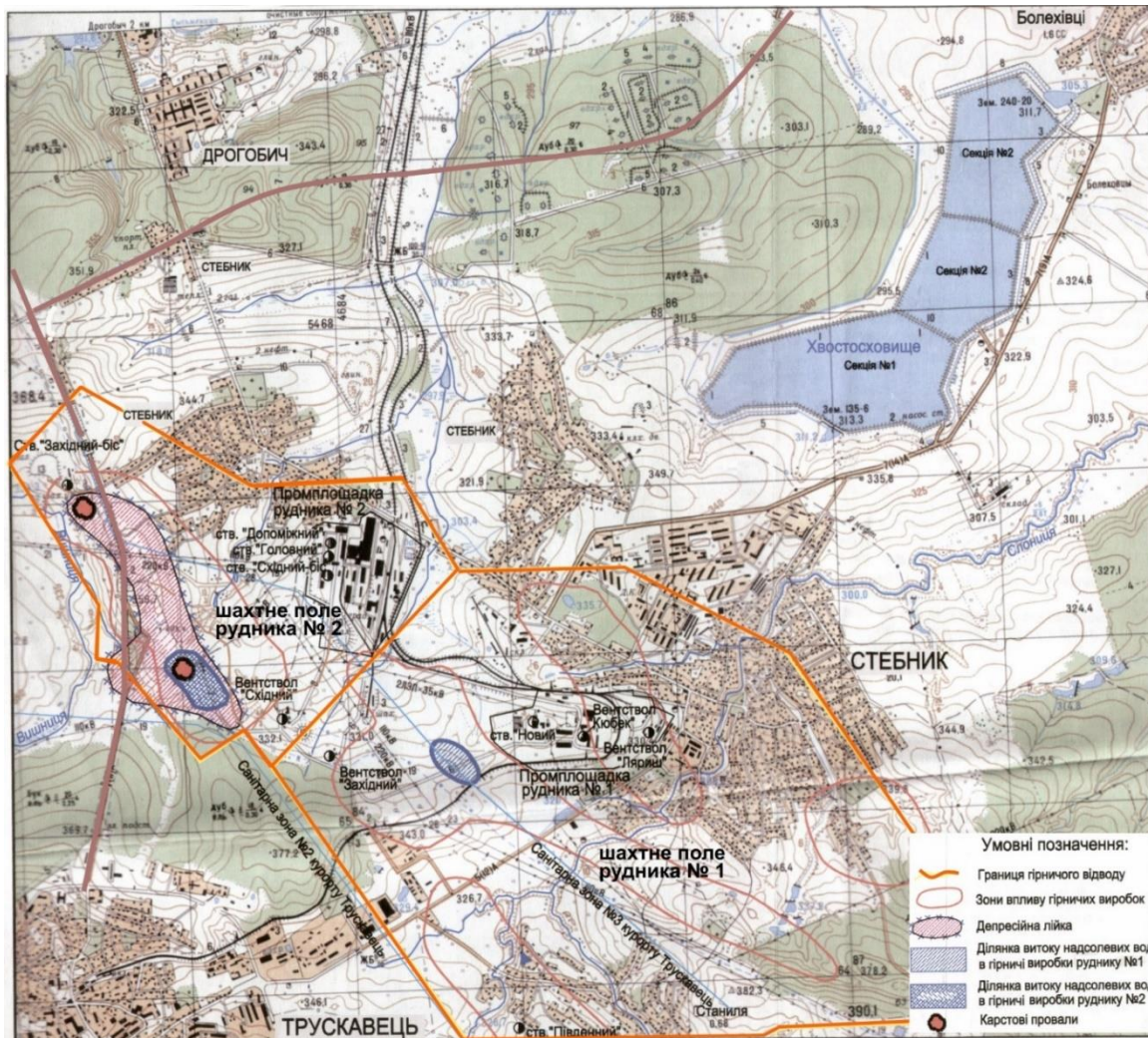
*2 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,*

*3 – State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry  
of National Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine*

5 stages of the development of man-made activated karst were identified and the dynamics of water inflows into the mining operations of the Stebnytskyi P "Polyminerall" mines were analyzed, as well as the methods of combating them. It has been proven that sinkholes No. 27 and No. 30 were predicted based on the results of experimental modeling, the calculation of the material balance of water inflows into saline deposits, the data of hydrogeological monitoring on the levels of flooding of mine No. 2, field verification of the destruction between the chamber walls and the interhorizon wall. in 2014, after the collapse of cells between chambers No. 108-109-110-111-112-113 of layer No. 10 PD-Sh of mine No. 2, the exact place, time and dimensions of the collapse were indicated, which correspond to what happened on September 30, 2017. In the fifth post-mining stage, after the complete flooding of mine No. 2, the activation of residual karst-sufosis phenomena observed in recent years is possible.

Стебницьке родовище полімінеральних калійних руд є найбільшим серед розвіданих родовищ України. Воно експлуатувалося з середини ХІХ століття і до кінця другої половини ХХ століття обсяг видобутку досяг 4 млн т на рік. Запаси родовища експлуатувало Стебницьке державне гірничо-хімічне підприємство "Полімінерал" у процесі розробки покладів двома рудниками – № 1 потужністю до 1 млн. тонн на рік та № 2 потужністю до 3 млн т на рік. До основних об'єктів технологічного комплексу підприємства входили збагачувальна фабрика та хвостосховище. Складні гідрогеологічні та гірничо-геологічні умови родовища призвели до появи водопритоків у рудниках, які або вдавалось локалізувати, або вони призводили до формування депресійних лійок та активізації карсту [1]. Границі гірничих відводів, розташування промплощадок та стволів рудників № 1 та № 2, хвостосховища Стебницького ГХП «Полімінерал», ділянок водопритоків, депресійних лійок та карстових провалів, відносно житлової забудови населених пунктів (рис. 1).





**Рис. 1. Границі гірничих відводів, розташування промплощадок та стволів рудників № 1 та № 2, хвостовища Стебницького ГХП «Полімінерал», ділянок водопритоків, депресійних ліжок та карстових провалів, відносно житлової забудови населених пунктів**

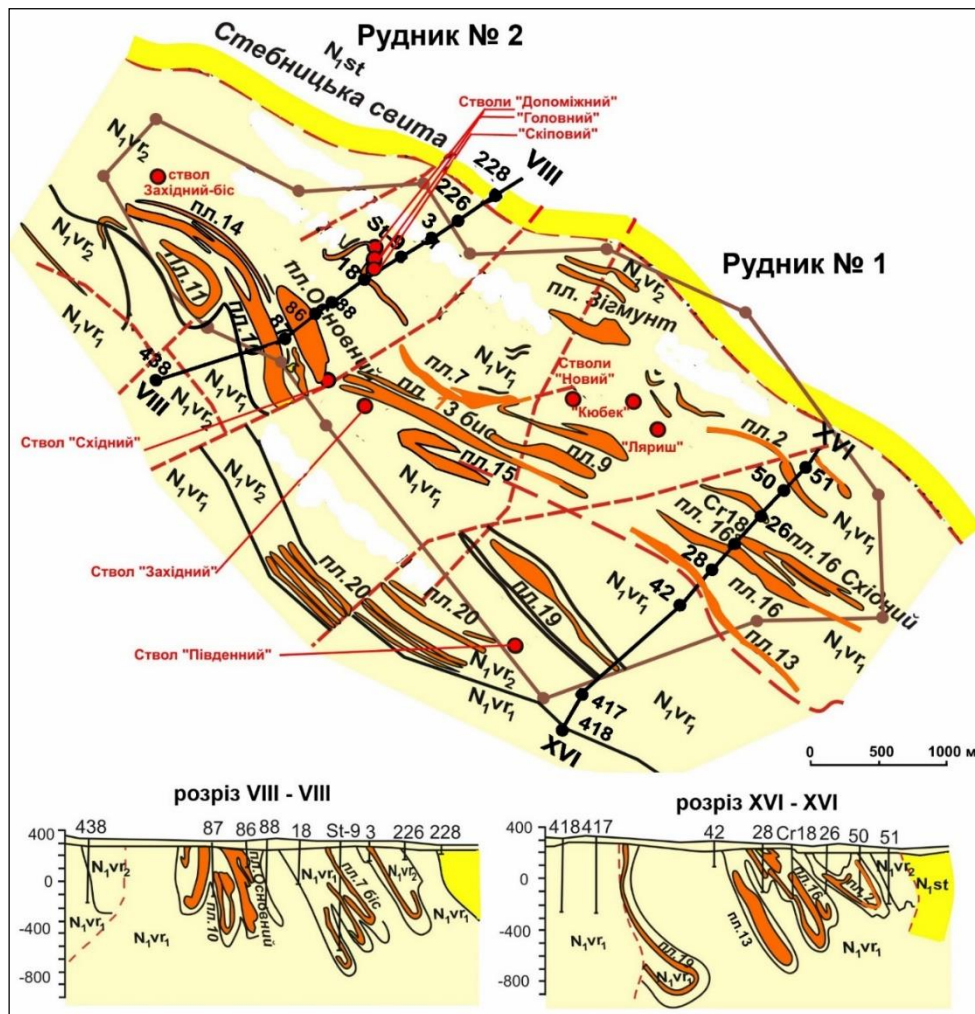
В основі геологічної будови залягають соленосні відклади воротищівської світи, які поділяють на нижню, середню і верхню світи [10]. Відклади нижньоворотищівської світи ( $N_{1vr1}$ ), складають ядра антиклінальних складок, є фаціальними аналогами поляницької світи – засоленими та загіпсованими пісковиками, алевролітами, аргілітами та виділяються з появою у розрізі прошарків кам'яної солі і гіпсу. У верхах нижньоворотищівської світи з'являється піщовиково-аргілітові брекчії із галітовим цементом. Загальна потужність нижньоворотищівської світи не перевищує 300-400 м.

Середньоворотищівська (загорська) світа ( $N_{1vr2}$ ), складена піщанистими пачками, що розділені потужною товщею соленосної, переважно піщовистої брекчії. Відклади загорської підсвіти мають значне поширення і складають крила складок. У своєму типовому вигляді відклади представлені філітовими пісковиками та товщею екзотичних конгломератів, іноді перешаруванням сірих глин, аргілітів, піщовиків з філітами (так званих «жупних піщовиків»), соленосних брекчій. Конгломерати складені гострими, майже не обкатаними і переважно не відсортованими уламками, різної орієнтації, здебільшого зеленими і темно-червоними філітами. Цемент конгломератів піщано-глинистий, іноді глинисто-галітовий. Потужність відкладів Загорської світи на Стебницькому родовищі досягає 450 м.

Верхньоворотищівська світа є основною калієсною товщею і з її відкладами пов'язані запаси калійних солей Стебницького родовища. Відклади представлені товщею соленосних брекчій та глин, що вміщують пласти і лінзи кам'яних та калійних солей, пачки засолених алевролітів та піщовиків. Поклади калійних солей зім'яті в складки з локальними тектонічними розривними порушеннями та виділяються у вигляді 20 розвіданих пластів. Пласти складені



полімінеральними хлоридно-сульфатними солями. Основними породоутворюючими мінералами є: галіт, каїніт, лангбейніт, сильвін, полігаліт, кізерит, шеніт, епсоміт, а також глинистий алеврито-піщаний нерозчинний залишок. За вмістом основних мінералів каїніту і лангбейніту переважають лангбейніт-каїнітові (65 %), каїніт-лангбейнітові (13,2 %) та каїнітові (9,85 %) руди. Окрім калію і магнію в солях родовища містяться хлористий натрій, бром, рубідій, літій, стронцій і бор. Потужність верхньоворотиської світи досягає 1000 м.



**Рис. 2. Схематична геологічна карта та розрізи Стебницького родовища із просторовим розташуванням пластів калійно-магнієвих солей**

На соленосних відкладах залягає гіпсово-глиниста шапка (ГГШ), яка є елювієм корінних порід. Вона представлена безструктурними загіпсованими глинами, уламками пісковика, гніздами і лінзами піску. Над калійними покладами «шапка» більше загіпсована. Потужність ГГШ над соленосними відкладами 65-75 м. Породи загіпсовані. Ступінь загіпсованості збільшується з глибиною. Рельєф підосви ГГШ складний. Найвищі відмітки співпадають з покладами калійних руд. Гіпсово-глиниста шапка відіграє важливу протекторну функцію, від проникнення прісних вод у соленосні відклади.

Четвертинні відклади представлені суглинками потужністю до 5 м. На захід від ділянки в долині потічка четвертинні відклади представлені обвальними утвореннями з прошарками піску і ріні.

Проведеними дослідженнями виділено п'ять етапів розвитку техногенно-активізованого карсту:

**1. Етап видобутку солянок із «соляного дзеркала» для потреб випарювання солі копанками та глибокими колодзями.** Перші свідчення про наявність соляних прошарків в районі Стебника відносяться до 12 століття. Вже в цей час розсоли використовувались для отримання кухонної солі.

**2. Етап первинного промислового видобутку примітивними шахтами.** Перші цифрові

характеристики про розсоловидобуток в Стебнику відносяться до періоду 1500-1770 рр. За даними Т.І. Фролової і А.А. Унковського в цей період існувала «Лісова шахта» глибиною 47 м, розміщена на південний захід від Стебнику в лісі біля дороги на Доброгостів [2]. Річне виробництво цієї шахти оцінювалось в 2300 м<sup>3</sup>. В 1770 р «Лісова шахта» була ліквідована і до видобутку розсолів приступили безпосередньо на території майбутнього родовища калійних солей. З цією метою в 350 м на північний схід від нині діючого шахтного ствола була пройдена «Дорфшахта» глибиною 46 м. Річний розсоловідбір із цієї шахти до 1911р. складав 4700 м<sup>3</sup>, а після механізації розсоловидобуток виріс до 10500 м<sup>3</sup>. «Дорфшахта» експлуатувалась до 1932 р. [2].

Таким чином, видобуток розсолів із зони соляного дзеркала показали, що границі солей та надсолевих порід в межах родовища, в умовах відкачування розсолів та закачування прісних вод, активно розвивається соляний карст. При цьому орієнтовний об'єм порожнин у вилугуваних породах склав близько 150000 м<sup>3</sup>. Великий об'єм вилугуваних порожнин і мала потужність ГГШ під руслом р.Солониця, поряд з якою знаходилась «Дорфшахта» привели в листопаді 1924 р до прориву річкових вод у зону соляного дзеркала та утворення карстових лійок на денній поверхні. Тим самим вперше на Стебницькому родовищі було наглядно показано роль охоронних стелин над експлуатаційним горизонтом. Прорив був ліквідований шляхом відводу річних вод в нове русло та засипки провалів.

**3. Етап будівництва та експлуатації рудника № 1 при розробці покладів кам'яної солі методом вилугування та калійних солей камерним способом із побудовою гідроізоляційних перемичок та стабілізації ситуації.** Перші підземні виробітки в межах Стебницького родовища були пройдені в 1846-1854 рр. Спочатку були закладені стволи «Кюбек» і «Ляриш». На абсолютних відмітках 172 і 204 м були пройдені виробітки, з'єднавши стволи шахт ( штреки «Підлужний»/2, «Підлужний»/3). На рівні 18 горизонту (172 м) були закладені камери вилугування. З цієї цілю із штреку були пройдені поперечні гірські виробітки довжиною 80-190 м, із яких через 4-5 обидва боки розсічений ряд виробіток різної довжини від 12 до 24 м. В плані ці розсічки являлись основою для камер вилугування.

Води в камеру вилугування подавались з 2 горизонту (204 м) через нахил чи вертикальні виробітки. При подачі води перемички між розсічками руйнувались і утворювались блюдце подібні порожнини. В процесі експлуатації луговень, в основному відбувалось вилугування стелини, в меншій мірі - бокових стінок. Вилугування проходило між II і III горизонтами. Термін експлуатації луговень досягав 30-40 років. Всього на родовищі в різні роки експлуатувалось 12 луговень. Площа луговень досягала значних розмірів - до 10-13 тис. м<sup>2</sup>. Об'єм їх в ряді випадків підвищував 50 тис. м<sup>3</sup>. Загалом у період початку видобутку калійно-магнієвих солей з площі Стебницького родовища було відкачано близько 1 млн. м<sup>3</sup> розсолів, які призвели до утворення понад 150 тис. м<sup>3</sup> карстових порожнин та близько 2 млн. м<sup>3</sup> розсолів з луговень, за рахунок яких утворилось біля 300 тис. м<sup>3</sup> виробленого простору на пласті кам'яних солей «Підлужному». Таким чином гідрогеологічні умови Стебницького родовища в межах гірничого відводу рудника № 1 були порушені ще до початку видобутку калійних солей.

Перші дані про водопрояви в підземних виробітках рудника № 1 відносяться до 1924-1929 рр. В пласті 2 на 1 горизонті в одному із квершлагів було виявлено течію. Оскільки просторово течія знаходилась поблизу від раніше охарактеризованої «Дорфшахти», де в 1924 р. в місці прориву річкових вод на рівень соляного дзеркала, виникла загроза прориву надсолевих вод в підземні виробітки. Однак з часом течія перейшла в незначний капіж, а пізніше утворились сталактити. За хімічним станом цих сталактитів було зроблено заключення, що розсоли які височуються відносяться до маточних.

Сучасний аналіз геолого-гідрологічних матеріалів цієї ділянки родовища показує, що потужність ГГШ тут змінюється в межах 10-30 м. Виробітки I горизонту знаходяться на глибині 80-90 м, тобто потужність стелини над виробітками складала не менше 35-40 м. Якщо б розсолопрояви були б пов'язані з підсолевими водами, збільшення водопритоків було б неминучим. Так, як всі надсолеві порожнини були заповнені розсолом після прориву річкових вод в 1924 р. Таким чином, перший офіційно зареєстрований розсолопрояв дійсно був пов'язаний з розкриттям розсолів седиментаційного типу.

У подальшому, до 1952 р, водопрояви відмічались на I і II горизонтах рудника № 1. Вони були представлені невеликими вологими плямами, наростанням сталактитів. Загальне уявлення

про капіж можна отримати із наступного тогочасного опису: «...Переважно на стеліні виробіток, рідше на стінках з'являлись вологі плями протяжністю від одного до кількох метрів. З стелі капає розсіл у вигляді порівняно рідких капель. Частота падіння різна. Підшва виробітки під місцем капежу мокра і відмічаються плями розсолу. Як правило капіж приурочений до зон контакту калійних солей. Дебіт капежу встановити важко через його роззосередженість...».

Поштовхом до систематичного вивчення розсолопроявів у підземних виробітках слугувало розкриття в квершлагу 4/1 на руднику № 1 першого великого водопритоку, що представляв реальну загрозу. Течія з дебітом 23 м<sup>3</sup>/добу була розкрита в кінці грудня 1952 р. У 1954 р. В.Ф. Захаровим була складена доповідна записка про причини утворення цього водопритоку, якою давалась спроба гідрогеологічної характеристики водопроявів в руднику. Вже в цей час цілком правильно трактувались причини виникнення великого витоків, пов'язані з розкриттям розсолів в зоні соляного дзеркала. З часом кількість небезпечних водопритоків збільшилось і проблема боротьби з ними стала надзвичайно актуальною. Було остаточно встановлено, що контакт підшви ГГШ з соленосною товщею в тій чи іншій мірі обводнений. Розкриття цього контакту в ряді випадків приводило до виникнення небезпечних витоків. Всі течії були розділені на «контактні» і «внутрісольові» і зроблений висновок про те, що останні не представляють небезпеки для рудника № 1. За хімічним складом внутрісольові розсоли були поділені на сульфатні, хлоридні і змішані (за класифікацією Валяшко). Найбільша загроза виникла у гірничих виробках верхніх горизонтів рудників тоді, коли мав місце водопритік з розсольного водоносного горизонту із соляного «дзеркала», що гідравлічно зв'язане з водоносним горизонтом четвертинних відкладів («контактні витокі»). Тоді джерелом живлення є атмосферні опади та гідрологічні об'єкти (річки, ставки, озера та водосховища). В зв'язку з низькою мінералізацією, надсолевмі води водоносних горизонтів ГГШ і четвертинних відкладів є агресивними до соленосних порід.

Захист рудника № 1 від контактних водопритоків на родовищі здійснювався шляхом залишення водозахисної стеліні потужністю 60 м. В більшості випадків небезпечні витокі проявлялися в рудниках в минулі роки, коли гірничі виробки безпосередньо входили в товщу ГГШ, а також на ділянках з різким коливанням контакту порід. Значної уваги було приділено мірам по ліквідації небезпечних водопроявів, зокрема побудові на шляху їх поширення гідроізоляційних перемичок, у вигляді бетонних корків - конструкції запропонованої у свій час Й.П. Драновським. Це є єдиним надійним методом ліквідації витоків.

За час експлуатації рудника №1 зафіксовано декілька аварійних проривів надсолевміх вод в штрек 43/пром., квершлаг 1/вент, квершлаг 99/вент та похил 19/1-вент. Для локалізації водопритоку на промгоризонті в штреку 43/пром. біля ствола «Західний» було облаштовано дві перемички: «Західну» і «Східну». Інші перемички облаштовані на вентиляційному горизонті в квершлагу 1/вент, квершлагу 99/вент та похилі 19/1-вент. На усіх вищезгаданих гідроізоляційних перемичках, на жаль мають місце витокі різної кількості розсолів різного хімічного складу. Крім того у ствол Кюбек поступають найменш мінералізовані води і він разом з вищезгаданими місцями водопритоків є об'єктом постійних спостережень.

У зоні гірничого відводу рудника № 1 до 2002 року водопритоків, які б могли становити загрозу копальні не було. Однак в наприкінці 2002 року при проходці квершлага № 99 з випереджуючої свердловини, яка, вірогідно, увійшла в зону контакту соленосних порід з ГГШ, розпочався притік води. Весною 2003 року водопритік мав дебіт близько 50 м<sup>3</sup>/добу та раптово збільшився до 1000 м<sup>3</sup>/добу. Одночасно у ставку Болонія, розташованого на відстані 500 м від місця прориву, понизився рівень води, на березі виник провал діаметром близько 5 м і глибиною більше 10 м, узбережжя става зазнало загального просідання земної поверхні, а у деяких розташованих тут дачних будинках з'явилися тріщини. Після засипки провалу та осушення ставка притік знову зменшився до попереднього рівня. Очевидною була наявність проникливої зони на ділянці від квершлага до ставка. Для ліквідації цієї загрози прийнято рішення збудувати перемичку, яка відокремлює забій квершлага від виробок рудника № 1. В кінці 2006 року будівництво перемички закінчено, рівень води карстового водоносного горизонту відновився. Суміщений план локалізації небезпечних водопритоків та гідроізоляційних перемичок на вентиляційному горизонті та промгоризонті рудника № 1 показано на рис. 3.





Рис. 3. Суміщений план локалізації небезпечних водопритоків та гідроізоляційних перемичок на вентиляційному горизонті та промгоризонті рудника № 1

Побудовані на руднику № 1 гідроізоляційні перемички є надійним захистом від водопритоків, розвитку техногенно-активізованого карсту та забезпечують його безаварійне функціонування уже десятки років.

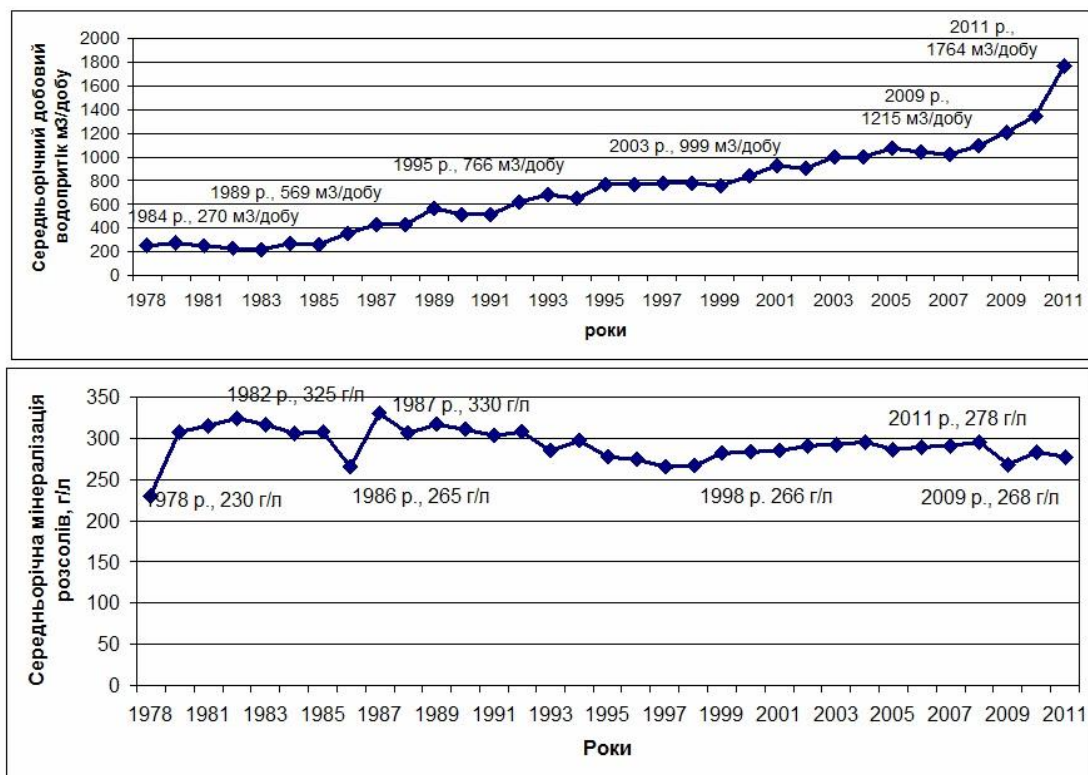
**4. Етап будівництва та експлуатації рудника № 2 при розробці покладів калійних солей камерним способом із водопритокіом у видобувну камеру, неможливості побудови гідроізоляційних перемичок, тривалого дренажування та осушення, затоплення та катастрофічного розвитку соляного карсту.** Зовсім інша гідрогеологічна ситуація склалася на руднику № 2. Вже на другий рік після його введення в експлуатацію А.А. Варламовим, С.С. Козловим, В.К. Липницьким та ін. [2] було описані витoki і капежі. Ними охарактеризовано гідрогеологічні умови північно-західної ділянки Стебницького родовища та зазначено капежі приурочені до так званих «мидляр» – поглинених зон тектонічних порушень. Розсоли з цих ділянок мали хлоридно-кальцієвий склад. На думку авторів такі розсоли можуть з'явитися в гірничих виробках тільки в результаті вертикальної міграції через воротищівську соленосну товщу. Проте, як виявилось пізніше, авторами був зроблений хибний висновок про відсутність значних водопритоків в гірничі виробки при проходженні зон тектонічних порушень та «мидляр». Нажаль, наступні події, що відбувались в 1978 р. на руднику № 2 заперечили висновки про низькі дебіти.

Вже у 1971 р. А.А. Варламовим, С.С. Козловим та ін. [2] рекомендувалось, при виявленні капежів, що мають гідралічний зв'язок з надсоліями водами потужність водозахисної стелини не менше 60 м, а в зонах розломів не менше 100 м від верхньої границі розповсюдження соленосних порід, не змінених під впливом гіпергенних факторів. У роботі В.Г. Валяшко та ін. (1973) [11, 12], всі порові розсоли були розділені седиментаційно-діагенетичні та розсоли вилуговування. При цьому розсоли седиментаційно-діагенетичного походження ділилися на маточні і метаморфізовані. У роботі зроблений важливий методологічний висновок про походження хлоридно-кальцієвих розсолів в результаті обміну йонів кальцію із глинистою товщею на йони магнію з маточного розсолу. На практиці це означало, що витoki метаморфізованих розсолів не мають постійно діючих джерел живлення і неминуче повинні припинитись. А витoki розсолів вилуговування з часом демінералізуються по вмісту калію, магнію, сульфатів та зростають їхні дебіти. Досвід експлуатації родовища свідчить, що витoki маточних і метаморфізованих розсолів з часом припиняється, а витoki розсолів вилуговування зростає.

Серед розсолів вилуговування виділяються три групи [6, 9]: 1) навколосольові (бокові) розсоли поширені в приконтатних зонах соленосних порід верхньоворотницької свити на контакті із теригенними відкладами стебницької свити – такі розсоли розкривалися гірничими виробками у північно-східній частині родовища при входженні у стебницькі відклади; 2) надсольові розсоли, які формуються у відкладах ГГШ за рахунок інфільтрації атмосферних опадів з денної поверхні до зони соляного дзеркала – такі розсоли розкривалися гірничими виробками при їхньому входженні у відклади ГГШ; 3) внутрішньосольові розсоли в підтипі розсолів вилуговування проникають в товщу соленосних порід по водопровідним зонам інколи на значну глибину нижче соляного дзеркала і розкриваються гірничими виробками вже із соленосної товщі. Максимальна глибина розкриття цих розсолів на Стебницькому родовищі складає 72 м нижче соляного дзеркала - камера 115/1-вент., куди 23 жовтня 1978 р. розпочався водопритік, який в призвів аварійного стану рудника № 2.

Місце водопритоку було приурочено до приконтаткової зони калійних руд з терегенно-соленосною брекчією зони глибоко перетворення (інтенсивної шаїнізації каїніту). Тут потужність водотривкої стелини над місцем витоку становила 72 м. Над соленосними відкладами залягає ГГШ потужністю 83 м, представлена глинистою товщею з незначним (менше 10 %) вмістом піску. На глибині 57 м зустрінуто мірабіліт-глазеритова «шапка» калійних солей, що складається з мірабіліту та глазериту зі значним вмістом глинистих мінералів. У листопаді 1978 року у відпрацьовані камери 115-116 на пласті 10 ПД-Сх, а згодом у камеру 122 на північно-східному і південно-східному флангах стався прорив надсолевих вод – розсолів вилуговування. Основний притік на південно-східній ділянці водопритоку був пов'язаний з карстом № 2 в районі свердловини № 146. Дебіт притоку слабомінералізованих вод коливався в чіткій залежності від кількості атмосферних опадів.

3 жовтня 1978 р. до січня 2015 року на руднику № 2 проводився системний гідрогеологічний моніторинг, що включає режимні спостереження за витоками та їх хімічним складом. Початковий дебіт вод становив 2-3 м<sup>3</sup>/добу (мінералізація 410-420 г/л). Притік постійно зростає і за місяць досягнув максимуму – 200 м<sup>3</sup>/добу зі зниженням мінералізації до 180 г/л. У наступні роки до 2011 р об'єми середньодобових водопритоків лінійно зростали, а середньорічна мінералізація обернено пропорційно знижувалась (рис. 4).



**Рис. 4. Середньорічні добові водопритоки у рудник № 2 та середньорічна мінералізація розсолів з 1978 до 2011 рр.**

Враховуючи те, що  $1\text{ м}^3$  прісної води здатен розчинити понад 400 кг соляних мінералів, поступлення води у рудник № 2 супроводжувався розвитком техногенно-активізованого соляного карсту. Зі зростанням водопритоку з кожним роком, на поверхні майже щорічно з'являлися нові карстові провали – сумарно 27. Деякі карстові форми активізовувались двічі, зокрема до таких належить карст № 20, який розташований на відстані 90 м від автодороги Львів-Трускавець. Остання його повторна активізація у жовтні 2009 року призвела до потрапляння вод р. Вишниця у рудник №2 (рис. 5).

Лише завдяки тому, що завдяки виділеним коштам карстовий провал засипали, а русло р. Вишниця відвели із карстонебезпечної зони, вдалося недопустити катастрофічний сценарій затоплення рудника № 2.

Як видно з рис.4 за період 1979-1993 рр. в рудник проникло  $2\,189\,152\text{ м}^3$  розсолу середньої мінералізації близько  $300\text{ г/дм}^3$ . Об'єм розчинених солей при цьому склав близько 320 тис.  $\text{м}^3$ . При цьому насичення підземних вод відбувається досить швидко – навіть у центральній частині витоку мінералізація вод становила  $300\text{--}350\text{ г/дм}^3$ , а на рівні I горизонту – близько  $400\text{ г/дм}^3$ . З 1979 р. велися роботи по розсолупригніченні. Основним методом боротьби з водотоком було закачування тампонажних сумішей через нагнітальні свердловини. З цією метою в районі витоку було пробурена велика кількість тампонажних свердловин, через які до 1991 р. було розміщено понад 146 тис.  $\text{м}^3$  тампонажних сумішей при обсязі карстових пустот на той період близько 250 тис.  $\text{м}^3$ . На думку ряду фахівців, зокрема колишнього головного інженера рудника № 2 Й.П. Драновського, тампонування карстових порожнин призвело до погіршення карстологічної ситуації, зокрема до розсосередженості потоків, замість утворення єдиного каньйону, води з якого значно легше перехопити. Саме тому, а також у зв'язку з погіршенням економічного положення у 1991 р. закачка тампонажних сумішей була зупинена. Водопритоки за два роки спочатку збільшились на 30% з 519 до 683  $\text{м}^3/\text{добу}$ , у 2001-2007 роках стабілізувались на рівні 1000  $\text{м}^3/\text{добу}$ , з окремими максимумами до 1400 та 1600  $\text{м}^3/\text{добу}$  у 2010-2011 рр. пов'язаними із попереднім проривом р. Вишниця у рудник № 2 у 2009 р.



**Рис. 5. Провалля над карстом № 20, що розташоване на відстані 90 м від автодороги Львів-Трускавець у листопаді 2009 р.**

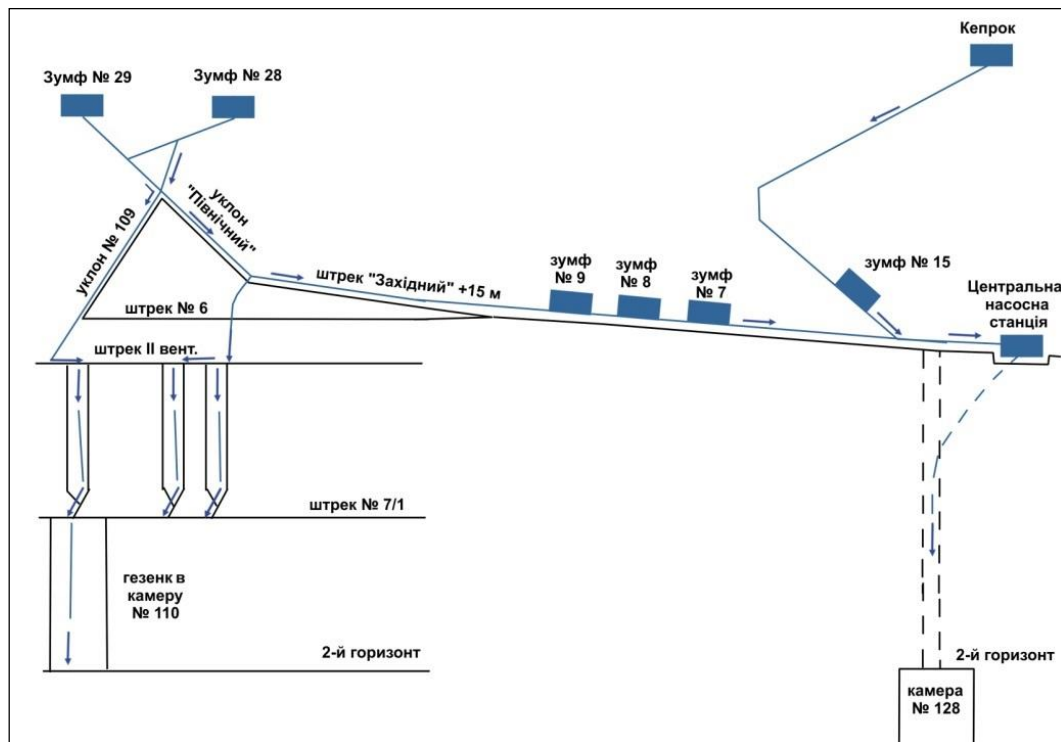
Слід зазначити, що перехоплення водопритоку, який розпочався у жовтні 1978 р. був пройдений дренажний горизонт із системою зумпфів-розсолрозбірників, і до січня 2001 р. карстові води із рудника № 2 скидали у хвостосховище, а з нього в річку Солоницю – доплив р. Тисмениця, яка впадає в Дністер. У січні 2001 року внаслідок відключення енергопостачання, розсолрозбірники переповнились і виробки найглибшого 5-го горизонту були затоплені. У 2002 році з огляду на аварійний стан рудника № 2 і нерентабельність видобутку калійної руди без її



збагачення, державною комісією з надзвичайних ситуацій прийнято рішення про консервацію шахти. Агресивні до легкорозчинних рудних мінералів Стебницького родовища розсоли перехоплені на дренажному горизонті були перенаправлені через систему зумпфів розсолосбірників на 2-й горизонт у камери № 110 та № 128 на пласті 10 ПД-Сх (рис. 6).

Така ситуація – потрапляння агресивних карстових вод при затопленні рудника № 2 у видобувні камери була експериментально змодельована у 2006-2007 рр. [7, 8].

Таким чином на підставі експериментального моделювання на фізичних моделях нами у 2006 р. однозначно доведено, невідворотність руйнування ціликів на 2-му та 1-му горизонтах, міжгоризонтної стеліни та утворення провалу на денній поверхні у 2007 році [7, 8]. Проведене моделювання, дозволило наочно відтворити не тільки теоретично передбачені особливості поведінки ціликів в агресивному середовищі, але й запропонувати науково-обґрунтовані підходи до прогнозу втрати стійкості ціликів при затопленні соляних копалень на прикладі рудника № 2 [3, 4, 5, 7, 8].



**Рис. 6. Схема перехоплення карстових вод на дренажному горизонті та їх перенаправлення через систему зумпфів розсолосбірників на 2-й горизонт у камери № 110 та № 128 на пласті 10 ПД-Сх.**

Для уточнення часу, місця та розмірів провалу разом із співробітниками ГХП «Полімінерал» з кінця 2006 р. нами продовжувався гідрогеологічний моніторинг за динамікою водопритоків, але з прив'язкою спостережуваних даних до рівнів затоплення та основних подій (рис. 7)

Як показують результати спостережень, показані на рис. 7, підняття рівнів затоплення вищі за пересічні значення (0,3 м на місяць), відповідали закачкам розсолів. А у жовтні та листопаді 2014 року спостерігалось підняття рівнів затоплення на 3 м (у 10 разів) та 2,5 м (у 8 разів більше за пересічні значення). Фахівці ГХП «Полімінерал» спочатку не повірили нашим прогнозам про обвал ціликів, сподіваючись, що це зростання водопритоку пов'язане із появою нових контурів живлення карстового водоносного горизонту. Паралельно зі співробітниками ТзОВ «Інститут «ГРХІМПРОМ» проводились обстеження по доступним гірничим виробках прогнозованих зон обвалення. Лише 30 грудня 2014 р. прямими польовими спостереженнями було виявлено відсутність ціликів. 15 січня 2015 р. задокументовано обвалення 5 ціликів рудника № 2 на 1-му та 2-му горизонтах в районі камер № 108-109-110-111-112-113 пласта № 10 ПД-Сх (рис.8), а також міжгоризонтної стеліни наслідком чого стало формування склепіння стійкої рівноваги.

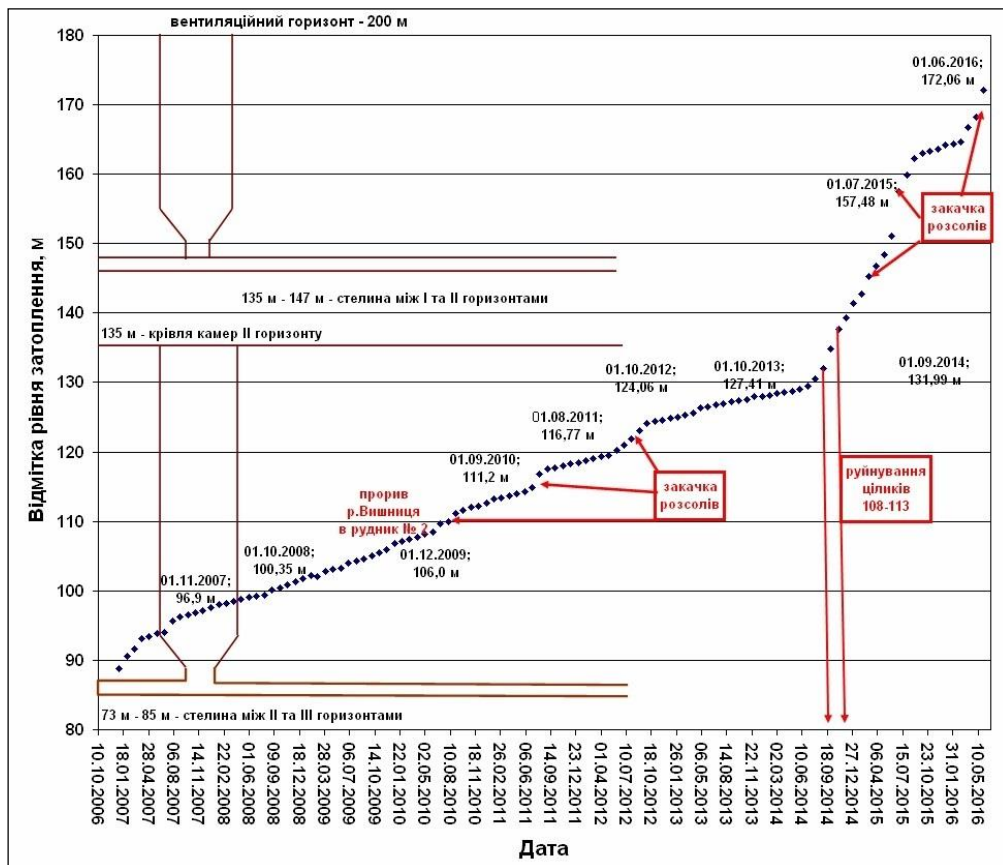


Рис.7. Середньорічні добові водоприток у рудник № 2 з 2006 до 2016 рр. та їх відповідність спостережуваним та прогнозованим подіям

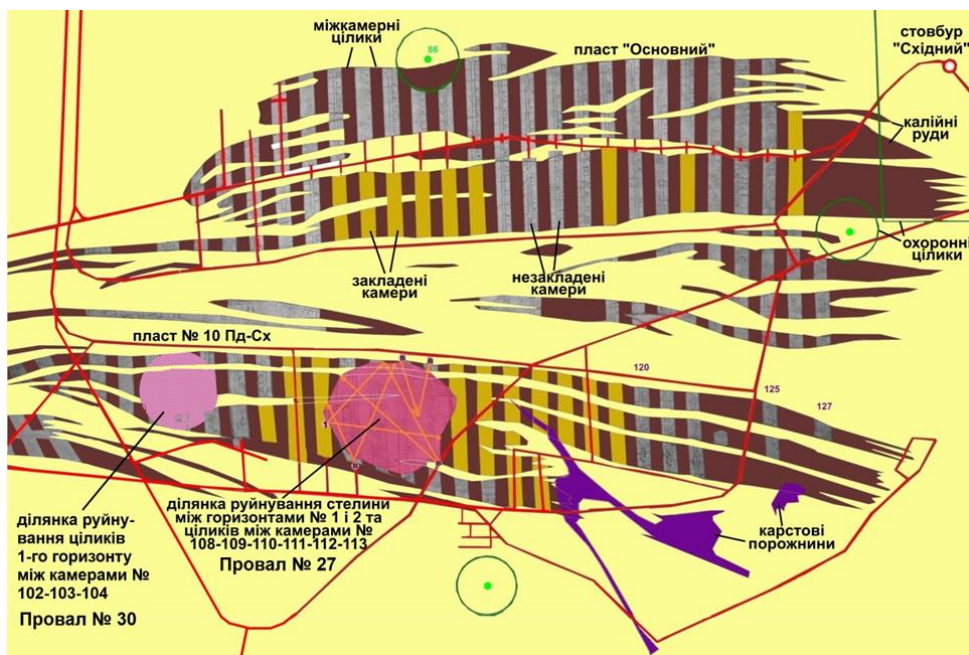


Рис. 8. Просторове розташування ділянки руйнування стеліни між горизонтами № 1 і 2 та ціликів між камерами № 108-109-110-111-112-113 – провал № 27, а ціликів на вентиляційному горизонті між камерами № 102-103-104 та горішньої водозахисної стеліни пласта № 10 ПД-Сх відносно закарстованих ділянок та гірничих виробок рудника № 2

Після того як факт руйнування ціликів та міжгоризонтної стеліни був доведений прямими спостереженнями, наприкінці січня 2015 р. доступ для спостережень у рудник № 2 був закритий, а місце майбутнього провалу огородили (рис. 9).



**Рис. 10. Місце майбутнього провалу над камерами № 108-109-110-111-112-113 пласта № 10 ПД-Сх та попереджувальні знаки про небезпеку виставлені на початку 2015 року**

Причина провалів № 27 та № 30 – розвиток карстового процесу в умовах надходження агресивних розсолів у камери була раніше змодельована та спрогнозована співробітниками Інституту ГРХІМПРОМ - А.М. Гайдіним та В.О. Дяківим у 2007 р. Наслідок провалів – обвал водозахисної стелини соленосної товщі та перекриваючих порід над раніше зруйнованими ціликами був спрогнозований у 2014 році після документування руйнування ціликів. Саме тоді вказано точне місце, час та розміри провалу №27.

**5. Постмайнінговий етап після повного затоплення рудника № 2 та активізації залишкових карстово-суфозійних явищ.** Період коли вода затопила усі гірничі виробки та припинені гірничовидобувні роботи прийнято називати постмайнінговим. В силу багатofакторності, затоплення рудника супроводжується низкою небезпечних екзогенних процесів, серед яких головним є розвиток соляного карсту у період затоплення рудника № 2 та карстово-суфозійні явища у період після повного затоплення та відновлення порушених гідрогеологічних умов, коли у раніше розмиті карстові порожнини, на найбільш високих гіпсометричних відмітках залягання солей, відбувалось вимивання тонко дисперсного матеріалу та його транспортування до рівня карстового водоносного горизонту із провалом поверхні. Після останнього великого провалу 15 березня 2020 року і до вересня 2020 року затоплення відбувалось виключно у соленосній товщі, де не було камер та інших великих за розміром гірничих виробок, а соляний карст розвивався лише на ділянках карстових каналів, у тому числі під дорогою Трускавець-Львів.

Після вересня 2020 року, розвиток карстку в межах гірничого відводу рудника № 2 припинився, оскільки затоплення відбувалось виключно у надсол'овій товщі, а води у солях за дуже короткий час стали неагресивними до легкорозчинних порід. Станом на початок березня 2023 року рівень затоплення рудника № 2 став вищим ніж рівні затоплення у провалах N 27, який стався 30 вересня 2017 року та провалу N 30, який стався 15 березня 2020 року, і становив 15-16 метри від денної поверхні, тобто найближчим часом повністю зрівняється зі статичними рівнями ґрунтових вод притаманними для даної території.

У навколо провалу № 27, який стався 30 вересня 2017 року зафіксовані три сателітні провали, один з яких утворився разом з великим провалом, другий у 2021 р., а останній у лютому 2023 року, після інтенсивних опадів. Усі ці провали нутворились у зоні прогнозованих зсувних та карстово-суфозійних деформацій навколо колишніх тамонажних свердловин великого діаметру, приурочені до локальних безстічних ділянок, де для гідрогеологічного розрізу притаманна наявність верховодки, де акумулюються поверхневі води за рахунок того, що відсутній поверхневий стік, формують заболочення, калюжі і навіть невеликі озерця. З іншого боку навколо провалів № 27 та № 30 спостерігаються чисельні тріщини та уступи і саме по цих тріщинах відбувається розвантаження вод верховодки таких обводнених біля поверхні ділянок у карстові провали № 27 та № 30.

За таких умов, на постмайнінговому етапі, активізуються явища механічної суфозії - вимивання тонкодисперсних частинок ґрунту потоками підземних вод по тріщинах у карстові провали N 27 та N 30, у випадку описаних сателітних провалів 27а, 27б та 27в у провал N 27. Внаслідок вимивання тонкодисперсних частинок при суфозійному процесі, на глибині кілька метрів утворюється порожнина, скелет ґрунту та ґрунтовий масив над нею втрачає стійкість та обвалюється.

Доказами суфозійного механізму утворення сателітних провалів є чисельні замулені потоки, що розвантажуються у карстові провали № 27 та № 30, а також наявні води на дні новоутвореного провалу. При цьому слід зазначити, що навколо провалу № 30 таких сателітних карстово-суфозійних провалів на сьогодні не зафіксовано, але вони цілком тут можуть утворитися.

За своєю суфозійною природою невеликі сателітні карстово-суфозійні провали подібні до раніше описаного нами провалу № 31, у 15 м від русла р.Вишниця на краю дорожнього полотна нової об'їздної дороги. Особливо інтенсифікуються суфозійні явища в умовах інтенсивних опадів, що мали місце останні кілька днів у лютому 2023 року і подібні невеликі за розмірами сателітні суфозійні провали, у періоди інтенсивних опадів можуть мати місце до того часу поки схили не набудуть кута стійкого відкосу, а поверхневий стік, особливо у періоди значних опадів не самоорганізується.

Саме тому територія навколо провалів № 27 та № 30 вважається небезпечною зоною, у якій перебування сторонніх осіб заборонене.

#### **Список використаних джерел:**

1) Білоніжка П. Стебницьке родовище калійних солей: розроблення, відходи збагачення руд, проблеми охорони довкілля // П. Білоніжка, В.Дяків / Праці наукового товариства ім.Шевченка.– Т. XXX. – Геологічний збірник – Львів., 2012. – С. 199-209.

2) Варламов А.А. Гидрогеологические условия Стебниковского месторождения калийных солей // А.А.Варламов, С.С.Козлов, В.К.Липницкий, А.Е.Ходьков / Мат. по гидрогеологии и геол. роли подземных вод. Л.: Изд-во ЛГУ, 1971. С. 124-132.

3) Гайдін А.М. Геодинамічні процеси на соляних родовищах // А.М.Гайдін, В.О. Дяків / Матеріали. Міжнародної науково-практичної конференції «Форум гірників 2010» 21 -23 жовтня 2010 р. – Дніпропетровськ, 2010. – С.23-41.

4) Гайдін А.М. Деформації земної поверхні в зоні діяльності калійних рудників у Стебнику. // А.М.Гайдін, В.О.Дяків, І.В.Чікова / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2014. – № 2 (10). – С.112-119.

5) Гайдін А.М. Розсоли в затоплених калійних рудниках Передкарпаття // А.М.Гайдін, В.О.Дяків, І.І.Зозуля /Хімічна промисловість України. – 2012. – № 3 (110). – С.32-38.

6) Дудко П.М. Подземное выщелачивание солей. - М.: Недра, 1972, 160 с.

7) Дяків В. Експериментальне моделювання дезінтеграції галопелітових мінеральних асоціацій при затопленні рудника № 2 Стебницького ДГХП “Полімінерал”. // Вісник Волин. ун-ту. - 2007. - Вип. 2. част.2. - С. 285-291.

8) Дяків В. Експериментальне моделювання кінетики розчинення (дезінтеграції) галопелітових мінеральних асоціацій в агресивній ропі з рудника № 2 Стебницького калійного родовища // Мінералогічний збірник Львів. ун-ту. - 2007. - № 57. - Вип. 2. - С.110-121.

9) Дяків В.О. Сучасний стан рудника № 2 Стебницького ГХП «Полімінерал» та його вплив на карстологічну ситуацію (за результатами моніторингових спостережень, експериментального та матеріально-балансового моделювання) / В.О. Дяків, З.З. Хевпа, А.В. Драновська // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). – К.: 2021. – Т.2. – С. 169-181.

10) Дяків В. Карстово-суфозійне провалоутворення в межах Стебницького родовища калійних руд після повного затоплення рудника № 2 та утворення провалу № 31 у дорожньому полотні новозбудованої об'їздної дороги: причини, прогнозування та наслідки / В. Дяків, З. Хевпа // Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської наукової конференції «Проблеми геології України». - 3–5 жовтня 2022 р. – Львів. 2022. С.74-78.

11) Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь, 1963. Т. 1. 444 с.

12) Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь, 1969. Т. 2. 529 с.

13) Семчук Я. М. Техногенне порушення геологічного середовища у районах розробки калійних родовищ // Уголь Украины. – 2001. – № 9 (537). – С. 41-45.

14) Семчук Я. М. Дослідження процесів розчинення та вилуговування соляних порід для оцінки наслідків затоплених калійних шахт // Я. М. Семчук, О. С.Малишевська / Хім. пром-сть України. – 2002. – № 1. – С. 9-12.



## **РИЗИКИ АКТИВІЗАЦІЇ ТЕХНОГЕННО-АКТИВІЗОВАНОГО КАРСТУ ТА ПРЕВЕНТИВНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ ПРИ РОЗКРИТТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕРЕБЛЯНСЬКОГО РОДОВИЩА КАМ'ЯНОЇ СОЛІ**

*Дяків В.О.<sup>1,2</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*

*Петришин В.Ю.<sup>3</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Пилипчук Р.В.<sup>2</sup>, roman.pilipchuk-ghp@ukr.net;*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка, Львів, Україна;*

*2 – ТЗОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,*

*3 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна*

Після припинення видобутку солей у Донецькій області внаслідок бойових дій та російської окупації міст Бахмут та Соледар, в Україні гостро постала проблема розробки нових родовищ кухонної та технічної солі, а також спелеолікування. У зв'язку з цим потенційні інвестори звернули увагу на родовища Карпатського регіону, насамперед Тереблянського родовища, Західно-Тереблянської ділянки кам'яної солі, спеціальні дозволи на користування надрами вже придбали різні надрокористувачі. Специфікою розробки соляних родовищ є ризики розвитку соляного карсту, який призвів до припинення видобувних робіт на багатьох родовищах у світі. Проведено аналіз геологічної будови Тереблянського родовища кам'яної солі та проаналізовано досвід розробки інших соляних родовищ Карпатського регіону: Стебницького, Солотвинського, Калуш-Голинської групи родовищ. Рекомендується застосувати превентивні заходи для мінімізації ризиків появи водопритоків та активізації соляного карсту.

## **RISKS OF ACTIVATION OF TECHNOLOGICALLY ACTIVATED KARST AND PREVENTIVE MEASURES FOR THEIR MINIMIZATION DURING THE EXPLORATION AND OPERATION OF THE TEREPLYAN DEPOSIT OF ROCK SALT**

*Dyakiv V.<sup>1,2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com;*

*Petryshyn V.<sup>3</sup>, geology1982@ukr.net,*

*Pylypchuk R.<sup>2</sup>, roman.pilipchuk-ghp@ukr.net,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine*

*2 – «Institute «GIRHIMPROM» LLC, Lviv, Ukraine*

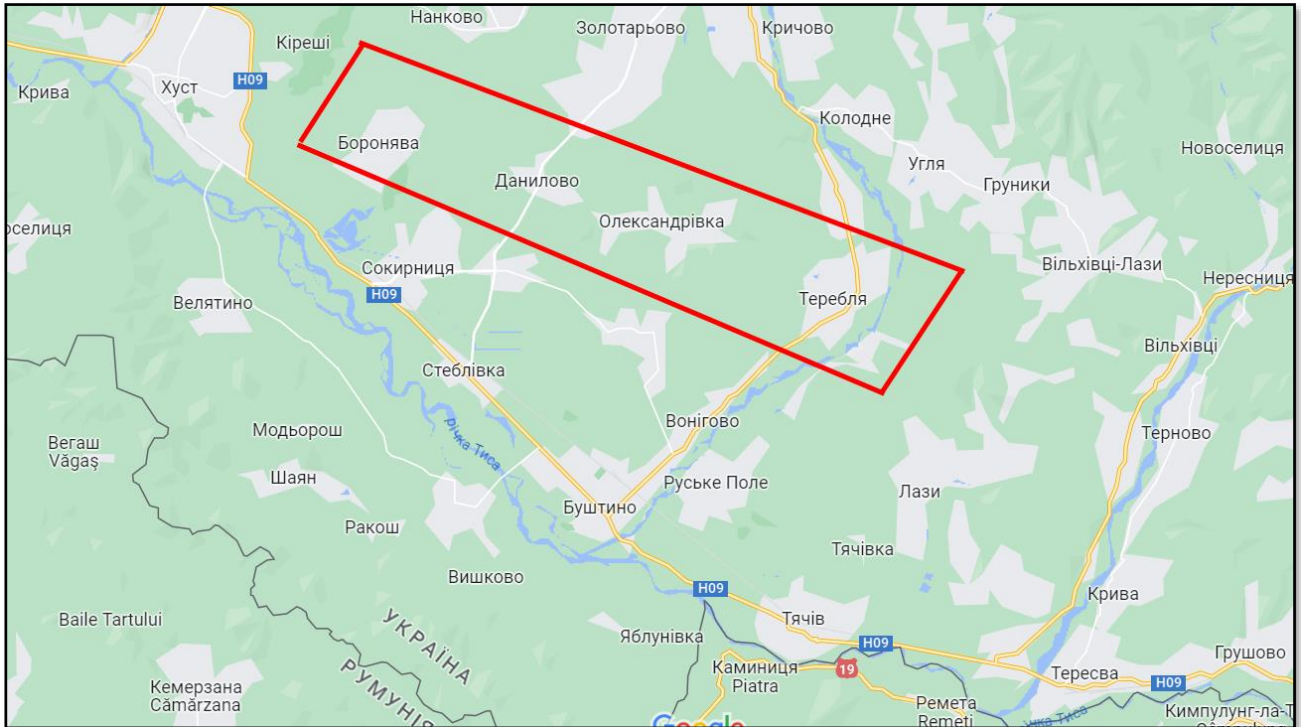
*3 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine*

After the cessation of salt production in the Donetsk region as a result of hostilities and the Russian occupation of Bakhmut and Soledar, the problem of developing new deposits of cooking and technical salt, as well as speleotherapy, became acute in Ukraine. In this regard, potential investors paid attention to the fields of the Carpathian region, primarily the Tereblyansky field, its Western and Eastern sections, special permits for the use of subsoil have already been purchased by various subsoil users. The specifics of the development of salt deposits are the risks of the development of salt karst, which has led to the cessation of mining operations at many deposits in the world. An analysis of the geological structure of the Tereblyan rock salt deposit was carried out, and the development experience of other salt deposits of the Carpathian region: Stebnytskyi, Kalush-Golinskyi, Solotvynskyi was analyzed. It is recommended to apply preventive measures to minimize the risks of water inflows and activation of salt karst.

У центральній частині Солотвинської западини, на межі Хустського і Тячівського районів Закарпатської області, на околицях сіл Теребля, Олександрівка, Данилово, Боронява спостерігаються під четвертинними відкладами виходи кам'яної солі у вигляді солянокупольних структур. На околицях цих сіл з давніх давен і до другої половини XIX століття добували кам'яну сіл (рис.1). Тут здійснювалась проходка колодязів, шурфів і закладались неглибокі шахти. Сліди цих гірничих виробіток збереглися до наших часів. Однак точних відомостей про масштаби видобутку не зберіглось. Починаючи з другої половини XX століття видобувні роботи тут не проводились. Найімовірніше розробка торкалась виключно верхніх горизонтів.

Саме на цій території, на околицях сіл Теребля, Олександрівка, Данилово, Боронява, Закарпатською геологорозвідувальною партією (Васильєв І.Н., Залеський В.І., Коросташовець І.Б.) у 1956-1957 роках проводилась розвідка соляних покладів. У подальшому

геологорозвідувальні роботи відновлювались у 1964-1965 роках (Іванченко А.І.), були проведені у незначному об'ємі, на основі яких оконтурено Терелянське родовище кам'яної солі.



**Рис. 1. Межі території на околицях сіл Тереля, Олександрівка, Данилово, Боронява в центральній частині Солотвинської западини на межі Хустського і Тячівського районів Закарпатської області, де спостерігаються виходи кам'яної солі у вигляді солянокупольних структур**

У структурному відношенні Терелянське родовище кам'яної солі приурочене до купольної частини Данилово-Терелянської антиклінальної структури і пов'язане із Терелянським соляним штоком (рис. 2).

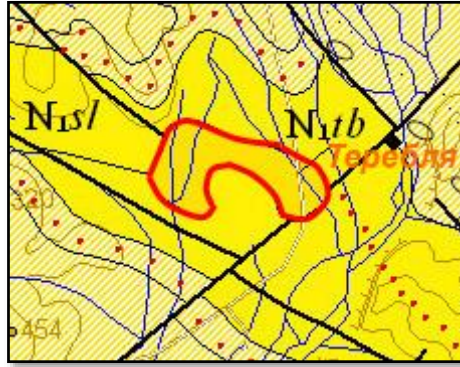


**Рис. 2. Фрагмент Державної геологічної карти масштабу 1 : 200 000 із контурами купольної частини Данилово-Терелянської антиклінальної структури і пов'язане із Терелянським соляним штоком Терелянського родовища кам'яної солі**

Морфологія Терелянського соляного штоку вивчена недостатньо через малу кількість пробурених свердловин. У плані Терелянський соляний шток (купол) має овальну форму з

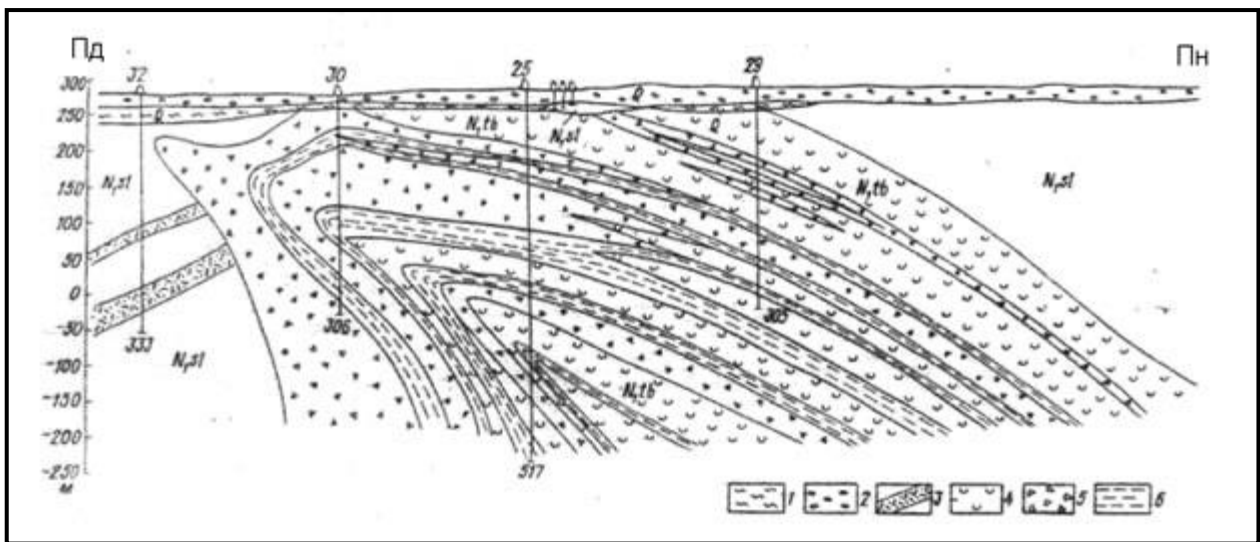


мульдоподібним прогином у південній частині, який зумовлений «псевдонасувом» теригенних порід солотвинської світи (рис. 3).



**Рис.3. Морфологія Тереблянського соляного штоку: точні контури не встановлені**

У поперечному перетині шток різко асиметричний, зрізаний ерозією, перекритий малопотужними прошарками глинистого палагу (до 1-2 м) та четвертинних гравійно-галькових відкладів потужністю до 10-15 м (рис. 4).



**Рис. 4. Геологічний розріз через Тереблянське родовище кам'яної солі:**

- 1 – четвертинні відклади, суглинки (палаг); 2 – четвертинні відклади, гравійно-галькові відклади;
- 3 – горизонти ріоліт-дацитових туфів; 4 – кам'яна сіль з різною ступінню забрудненості глинистим матеріалом, в меншій кількості ангідритом; 5 – глинисто-соляна брекція;
- 6 – внутрішньо соляні прошарки аргілітоподібних глин

За ступінню забрудненості кам'яна сіль Тереблянського штоку являє собою достатньо тверду породу, об'ємна вага 2,2 г/см<sup>3</sup>. Вона складається з кристалів галіту розміром 1-20 мм (переважно розміром 5-10 мм). Поряд з міцною масивною сіллю зустрічається слабо зцементована сіль, яка приурочена до тріщин, що знаходяться у прошарках і окремих глибах засолених глин.

За ступенем забруднення кам'яна сіль Тереблянського родовища поділяється на наступні різновиди:

1. Сіль чиста, напівпрозора або сніжно-біла. Розповсюдження незначне і простежується у вигляді прошарків потужністю від перших десятків сантиметрів до 5 метрів. Вміст NaCl не нижче 98 %.

2. Сіль сіра і темно-сіра, нерівномірно забруднена глинистим матеріалом, який знаходиться у вигляді тонко дисперсних частинок, рідше – дрібних включень розміром 5-10 мм, розсіяних у масі солі. Зустрічаються включення сірувато-білого ангідриту розміром від перших

міліметрів до 10-15 мм. Даний різновид солі складає основну масу продуктивної товщі. Потужність пластів від 1-2 до 180 м. Вміст NaCl 80 – 96 %.

3. Глинисто-соляна брекчія, яка складається із кутових або округлих уламків темно-сірих аргілітоподібних глин, зцементованих зернистою, рідше волокнистою сіллю. Зустрічаються включення сірувато-білого ангідриду. Вміст NaCl – 55-90 %. Брекчія простежується у вигляді окремих лінз і прошарків потужністю від десятків до 120 метрів і становить приблизно 20 % об'єму продуктивної товщі.

Як показали раніше проведені геологорозвідувальні роботи, пласти солі глинисто-соляних брекчій і аргілітоподібних глин утворюють складне чергування і замінюють одне одного як по простяганні так і по падінні. Чиста сіль простежується у вигляді прошарків незначної потужності (0,5-5 м). Загальна потужність пачок солі, розділених пластами аргілітоподібних глин і глинисто-соляних брекчій, змінюється від 1 – 2 до 180 метрів. Вміст NaCl в солі 75-98 %. Пласти солі і внутрішньо соляних аргілітів на крилах купола залягають круто (30 – 80 градусів), а в купольній частині – місцями полого.

Гідрогеологічні умови Терелянського родовища. Найбільш водозбагачений є перший від поверхні водоносний горизонт у четвертинних гравійно-галькових відкладах та на наш погляд становить найбільшу загрозу для безпечної експлуатації кам'яної солі з причини добрих фільтраційних показників та повсюдного поширення. Четвертинні суглинки (палаг) та кам'яна сіль є водотривами. Однак за відмови відсутності суглинків (палагу), порушення цілісності водотриву, спричиненого давнім видобуванням солей, води четвертинного водоносного горизонту можуть розчиняти сіль і на таких ділянках у центральній частині Терелянського родовища описані нами стратифіковані карстові соляні озера із прісною (маломінералізованою) водною товщею у верхній частині та солянкою (розсоллом) із мінералізацією до 275 г/л у нижній водній товщі (рис. 5).



**Рис. 5. Стратифіковане карстове соляне озеро із прісною (маломінералізованою) водною товщею у верхній частині та солянкою (розсоллом) із мінералізацією до 275 г/л у нижній водній товщі у центральній частині Терелянського родовища**

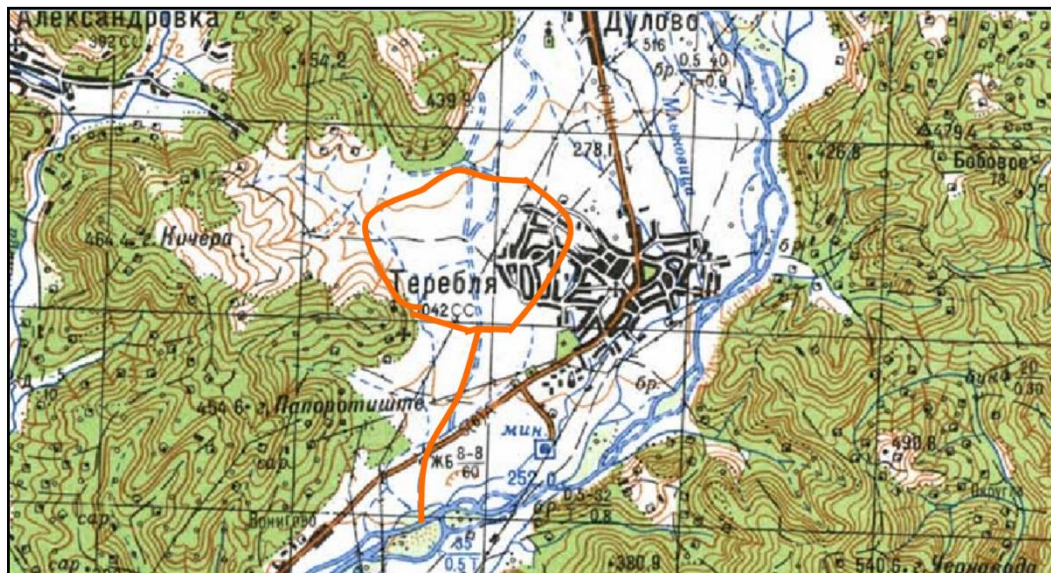


Нижчезалягаючі неогенові відклади новоселицької, тереблінської, солотвинської, та інших світ неогену малообводнені. Найбільш обводненими являються пісковики, гравеліти, конгломерати тересвинської, басхевської і доробратівської світ, в межах Тереблянського родовища не поширені, але наявні на суміжних територіях. Води цих горизонтів гідрокарбонатно-кальцієві, гідрокарбонатно-кальцій-магнієві і гідрокарбонатно-кальцій-натрієві, із загальною мінералізацією в межах 0,2-0,3г/л. Дебіти джерел коливаються від 0,1л/с до 1-3,0 л/с.

У той же час вміщуючі солянокупольну структуру глинисті відклади (аргіліти, алевроліти) тересвинської, солотвинської світ характеризуються значно слабшою обводненістю, часто ці відклади практично безводні. Особливе місце займають води, приурочені до соленосних відкладів тереблінської світи, розвантаження яких знаходиться вздовж північно-східного борту Солотвинської западини. За соляним складом води хлоридно-натрієві із загальною мінералізацією до 26г/л і навіть до 45г/л. Характерною особливістю описаних вод являється присутність в них сірководню, від слідів (легкий запах) до 58,2мг/л.

**Розвантаження та активна експлуатація солянок тереблінської світи, а також перетоки підземних вод четвертинних відкладів до солей із розвантаженням у гідрогеологічну мережу чи гірничі виробки, може стати чинником активізації карсту, у тому числі у катастрофічних масштабах.** На це вказує наш досвід вивчення розвитку техногенно-активізованого карсту соляних родовищ Карпатського регіону: Стебницького та Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей, а також Солотвинського родовища кам'яної солі.

Проаналізувавши цей досвід, геологічну будову та гідрогеологічні умови Тереблянського родовища кам'яної солі, по при стандартні способи захисту із залишенням водозахисних стелин при шахтній розробці чи підземному вилуговуванні, ми рекомендуємо застосувати такий превентивний захід для мінімізації ризиків появи водопритоків та активізації соляного карсту, як облаштування кільцевої дренажної траншеї на усю глибину четвертинних гравійно-галькових відкладів (10-15 м) від поверхні надзаплавної тераси із абсолютною відміткою 278 м за 100-200 м від межі виходу солей під четвертинні відклади, для осушення четвертинних відкладів над куполом та самотічним скидом здренованих вод у р. Теребля на абсолютній відмітці 252 м (рис. 6).



**Рис. 6. Принципова схема облаштування кільцевої дренажної траншеї у межах Тереблянського родовища у період його розробки на усю глибину четвертинних гравійно-галькових відкладів (10-15 м) від поверхні надзаплавної тераси із абсолютною відміткою 278 м за 100-200 м від межі виходу солей під четвертинні відклади, для осушення четвертинних відкладів над куполом та самотічним скидом здренованих вод у р. Теребля на абсолютній відмітці 252 м**

Така система превентивного захисту тривалий час ефективно застосовувалась у вигляді відкритих траншей і баражів навколо Домбровського кар'єру та Подороженнському родовищі самородної сірки, а також у вигляді підземних дренажних виробок на Солотвинському родовищі.

Для того щоб відповісти на питання чи доцільно застосовувати саме таку систему кільцевого дренажу, надрокористувачам необхідно провести додаткові гідрогеологічні вишукування.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гайдін А.М. Врятувати Солотвино / А.М. Гайдін // П'ята міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні». Трускавець, 2018. С. 57-65.
2. Гайдін А.М. Геодинамічні процеси на соляних родовищах. / А.М. Гайдін, В.О. Дяків // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2010». - Дніпропетровськ. - С. 23-41.
3. Рудько Г.І. Провали. Деформації земної поверхні над гірничими виробками і карстами // Рудько Г.І., А.М. Гайдін // Київ – Чернівці: Букрек, 2019. – 218 с.
4. Дяків В.О. Особливості геологічної будови та сучасний геоecологічний стан Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття) / В.О. Дяків, П.М. Білоніжка // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. - 2010. - Вип. 24. - С.62-79.
5. Дяків В.О. Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт № 8 та № 9 Солотвинського солерудника / В.О. Дяків // Збірник наукових праць Волинського нац. ун-ту ім.Лесі Українки - № 9. Природа Західного Полісся та прилеглих територій - Луцьк, 2012. - С.69-79.
6. Дяків В.О. Перспективи відновлення солевидобутку та спелеолікування у затопленій шахті № 9 Солотвинського солерудника / В.О. Дяків // Тези Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи відновлення спелеотерапії та видобутку солі на базі родовища кам'яної солі в смт. Солотвино, Тячівського р-ну, Закарпатської обл.». – смт Солотвино, 22-23 жовтня 2013 р. – 2013. – С. 51-52.
7. Дяків В.О. Еволюція постмайнінгового ландшафту та карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі за результатами аерокосмічного моніторингу методами постійних відбивачів (PS) та малих базових ліній (SBAS) / В.О.Дяків, Пакшин М.Ю. // Матеріали П'ятої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (8–12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). – К.: 2018. – Т.2. – С. 122-133.
8. Дяків В.О. Ретроспективний аналіз розвитку соляного карсту, ефект самотампонування карстового каналу та перспективи відновлення спелеолікарні в шахті № 9 у межах Солотвинського родовища / В.О. Дяків, А.М. Гайдін // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). – К.: 2021. – Т.2. – С. 157-168.
9. Гайдін А.М. Геодинамічні процеси, що супроводжують розвиток техногенно-активізованого соляного карсту / А.М. Гайдін, В.О. Дяків // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). – К.: 2021. – Т.2. – С. 182-189.
10. Дяків В. Карстова гідрогеологічна система Солотвинського родовища, ефект самотампонування карстового каналу та перспективи відновлення спелеолікарні у шахті № 9 / В. Дяків, А. Гайдін // Вісник Львівського ун-ту. Серія геол. – 2021. – Вип. 35. – С. 91-110. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgl.35.07> Режим доступу в мережі Internet: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geology/article/view/11473/11825>

# ПРИРОДНИЙ ТА ТЕХНОГЕННО-АКТИВІЗОВАНИЙ КАРСТ В МЕЖАХ ПРОВАЛУ, ОЗЕРА, БОЛОТА ТА ТОРФОВИЩА «ЧОРНИЙ МОЧАР» СОЛОТВИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАМ'ЯНОЇ СОЛІ (ЗАКАРПАТТЯ)

**Дяків В.О.<sup>1,2</sup>**, к. геол. н., доцент, [dyakivw@yahoo.com](mailto:dyakivw@yahoo.com);  
**Козловський В.І.<sup>3</sup>**, к. біол. н., с.н. с., [vkozlovskyy@gmail.com](mailto:vkozlovskyy@gmail.com),  
**Романюк Н.Д.<sup>1</sup>**, к. біол. н., доцент, [nataliya.romanyuk@lnu.edu.ua](mailto:nataliya.romanyuk@lnu.edu.ua);  
 1 – ЛНУ імені Івана Франка, м. Львів, Україна;  
 2 – ТзОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», м. Львів, Україна,  
 3 – Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів, Україна

Подано характеристику геологічної будови, історії геологічного розвитку, зародження, розвитку та сучасного геоекологічного стану провалу, озера, болота та торфовища «Чорний Мочар» Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття). Реконструйовано умови розвитку природного та техногенно-активізованого соляного карсту, що призводили до зміни ландшафту, гідрологічних, гідрогеологічних та екологічних умов, на етапах природного провалотворення, формування природної озерної котловини, евтрофікації озера, накопичення відмерлої біомаси, торфоутворення, техногенного провалотворення, формування сучасної озерної котловини та сучасної початкової стадії евтрофікації озера «Чорний Мочар». Розглянуті особливості розвитку провалу, озера, болота та торфовища «Чорний Мочар» мають важливе значення для моніторингу за станом геологічного середовища в межах гірничого відводу шахти № 9, особливо за умови раніше обгрунтованого варіанту її осушення, відновлення роботи як копальні, так і підземного відділення алергогічної лікарні.

## NATURAL AND TECHNOLOGICALLY ACTIVATED KARST IN THE BOUNDARIES OF THE FALL, LAKE, SWAMP «CHORNYJ MOCHAR» OF THE SOLOTVYNO ROCK SALT DEPOSIT (TRANSCARPATHIA)

**Dyakiv V.<sup>1,2</sup>**, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., [dyakivw@yahoo.com](mailto:dyakivw@yahoo.com);  
**Kozlovskyy V.<sup>3</sup>**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, [vkozlovskyy@gmail.com](mailto:vkozlovskyy@gmail.com);  
**Romanyuk N.<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, [nataliya.romanyuk@lnu.edu.ua](mailto:nataliya.romanyuk@lnu.edu.ua);  
 1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine  
 2 – «Institute «GIRHIMPROM» LLC, Lviv, Ukraine  
 3 – Institute of Ecology of the Carpathians NAS Ukraine, Lviv, Ukraine

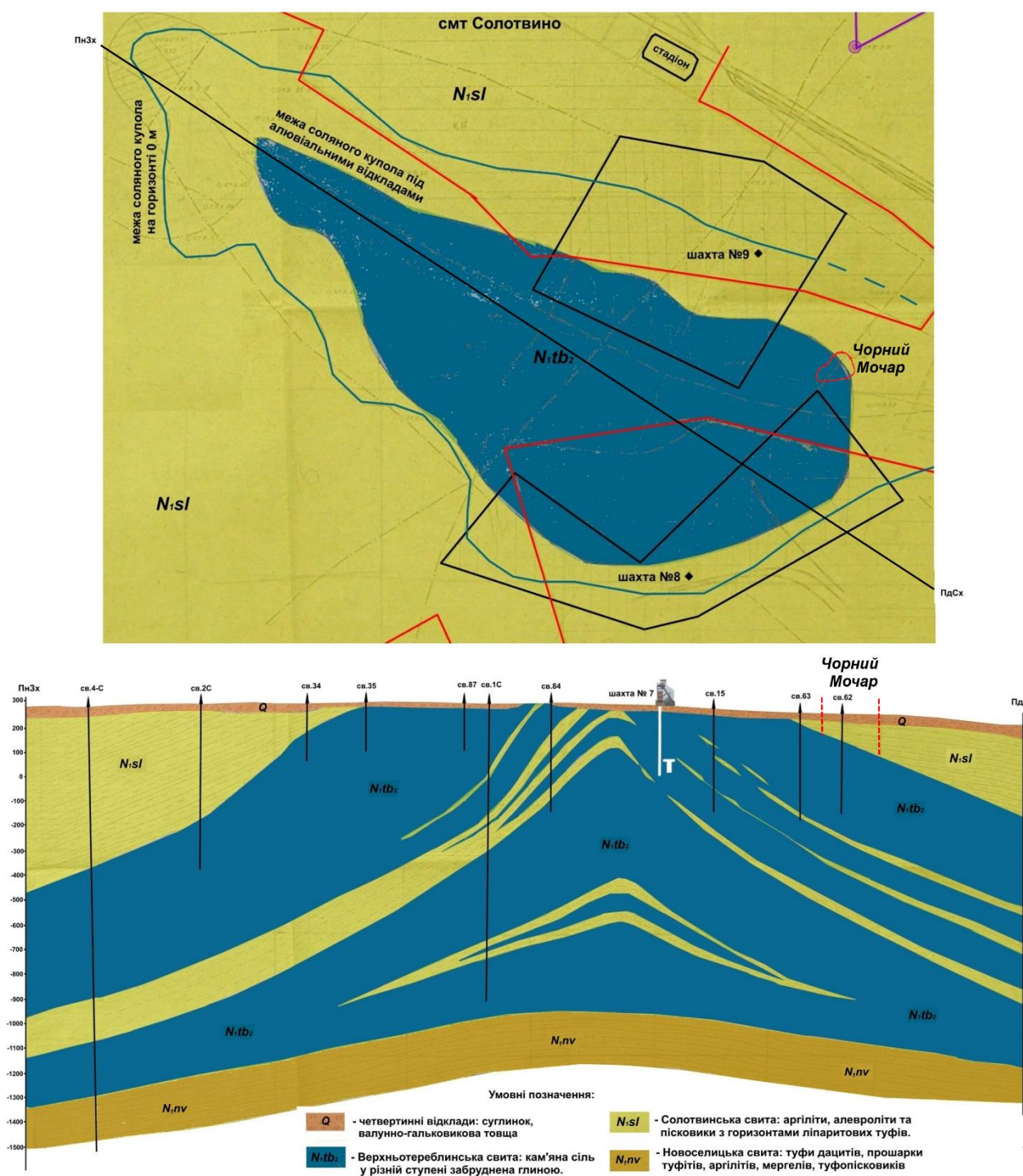
The characteristics of the geological structure, the history of geological development, origin, development and the current geoeological state of the sinkhole, lake, swamp and peatland «Chornyj Mochar» of the Solotvyn rock salt deposit (Transcarpathia) are given. The conditions of the development of natural and technogenically activated salt karst, which led to changes in the landscape, hydrological, hydrogeological and ecological conditions, at the stages of natural sinkhole formation, formation of a natural lake basin, eutrophication of the lake, accumulation of dead biomass, peat formation, technogenic sinkhole formation, and the formation of a modern lake basin have been reconstructed and the current initial stage of eutrophication of the Chornyj Mochar lake. The considered features of the development of the sinkhole, lake, swamp and peatland «Chornyj Mochar» are important for monitoring the state of the geological environment within the mining diversion of mine No. 9, especially under the condition of a previously substantiated option of its drainage, restoration of the operation of both the mine and the underground department of the allergy hospitals

Солотвинське родовище кам'яної солі розташоване у південно-східній частині Тячівського району Закарпатської області та приурочене до Верхньотисенської (Солотвинської) западини Закарпатського прогину. Приповерхнєве залягання кам'яної солі приурочене до соляно-купольної структури – соляного штоку, що утворився внаслідок постседиментаційного галокінезу – тиску на соляні породи вищезалягаючих теригенних товщ, їх перехід у пластично-текучий стан та видавлювання у приповерхнєву ділянку розрізу. При цьому переміщення пластично-текучих соляних мас відбувалося з ділянки підвищеного геостатичного тиску до області його понижених значень.

Згідне залягання вищезазначених стратиграфічних підрозділів порушене процесами соляної тектоніки, вилугування солей та їх елювіальною самоізоляцією. Процеси соляної тектоніки зумовленні перекриттям соленосної товщі теригенними відкладами, дисгармонійними дислокаціями, напруженнями та переходом соляних порід у квазітекучий стан. Інтенсивний ріст Солотвинської солянокупольної структури відбувався від сармату до



голоцену та призводив як до сучасного вигляду родовища на геологічній карті та розрізі, так і до розвитку природного соляного карсту, зокрема на ділянці «Чорний Мочар» (рис.1).



**Рис. 1. Геологічна карта та розріз Солотвинського родовища кам'яної солі із локацією урочища «Чорний Мочар» на них**

В основі геологічної будови Солотвинського родовища залягають гіпсоангідрити, туфи, туфіти з прошарками вапняків і мергелів Новоселицької свити. Ці відклади перекриваються товщею сірих і темно-сірих аргілітоподібних глин, алевролітів, пісковиків і кам'яної солі верхньотереблінської свити та надсольовим комплексом теригенних відкладів бадену (солотвинська і тересвинська свити) і нижнього сармату (басхевська свита) [2], що перекриті утвореннями четвертинного віку (рис. 1).

В тектонічному відношенні Солотвинське родовище представляє собою шток солянодіапірової структури. Під четвертинним відкладами шток має в плані грушоподібну



форму довжиною 1880 м і шириною 760 м. Довга вісь орієнтована в напрямку північний-захід – південний-схід. Соляний шток має асиметричну будову. Південно-західне крило круте (60–80°), а північно-східне – пологіше (до 60°). В північно-західному і південно-східному напрямках він занурюється під кутом 15–30°. Такі кути свідчать про те, що контакт соляного штоку з боковими флішоїдними породами тектонічний [3]. Кути падіння змінюються і у залежності від відстані від контуру виходу солі під четвертинні відклади: поблизу круті, по мірі віддалення пологіші. Поверхня штоку на рівні ерозійного зрізу має грушоподібну плоска, місцями нерівна, нахилена у північно-західному напрямку (рис.1).

На рівні ерозійного зрізу соляна товща перекрита елювіальними глинами (місцева назва «палаг»), що накопичилися в процесі вилугування кам'яної солі (рис.2).



**Рис. 2. Нерівність контакту кам'яної солі та підшви палагу, зі збільшенням потужності глинистого прошарку зліва та вклинюванням справа у центральній частині родовища в межах гірничого відводу шахти № 7**

За даними Короткевича Г.В. [2], на площі виходу солей під четвертинні відклади Солотвинського соляного куполу, нараховується шість досить великих ділянок, де палаг відсутній і де є підвищені ризики розвитку соляного карсту, у тому числі в межах другої надзаплавної тераси річки Тиса, на лівому березі потічка Глод, в урочищі «Чорний Мочар» (рис.3).

Завершує геологічний розріз родовища товща четвертинних відкладів - алювіальної піщано-гравійно-галькових надзаплавних терас р. Тиси та лесовидних суглинків, а також лосліджені нами озерно-болотні відклади, заторфовані та торфово-мулисті ґрунти, а також власне торфи урочища «Чорний Мочар».

Схематичний геологічний розріз по лінії Чорний Мочар – Затон, показує, що при активізації соляної тектоніки та піднятті Солотвинського соляного куполу, у його південно-східній частині, відбувались активні процеси розвитку природного соляного карсту з формування найпотужнішої на родовищі товщі четвертинних відкладів, що досягають тут максимальної потужності біля 100 м, а також досить потужної товщі озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів, потужністю до 20 м (рис. 4).



Рис. 3. Шість ділянок виходу солей під четвертинні відклади на площі виходу солей під четвертинні відклади, де «палаг» відсутній і де є підвищені ризики розвитку соляного карсту в межах Солотвинського соляного куполу, у тому числі в межах другої надзаплавної тераси річки Тиса на лівому березі потічка Глод, в урочищі «Чорний Мочар» (за даними Короткевича Г.В. [2])



Рис. 4. Схематичний геологічний розріз по лінії Чорний Мочар – Затон, на якому видно, що найпотужніша на родовищі товща четвертинних відкладів притаманна для урочища «Чорний Мочар», досягаючи тут максимальної потужності біля 100 м, а також досить потужна товща озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів потужністю до 20 м

Профілі озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів в урочищі «Чорний Мочар» показані на рис. 5-9).





**Рис. 5. Профіль озерно-болотних відкладів, що залягають на алювіальних гальковиках другої надзапвної тераси р.Тиса в урочищі «Чорний Мочар» на краю природної мульки просідання**



**Рис. 6. Профіль похованого прошарку заторфованих ґрунтів та нижче залягаючих озерно-болотних відкладів, які зверху перекриті лесовидними суглинками в урочищі «Чорний Мочар»**





**Рис. 7. Профіль торфово-мулистих ґрунтів в урочищі «Чорний Мочар»**



**Рис. 8. Профіль власне торфів в урочищі «Чорний Мочар»**



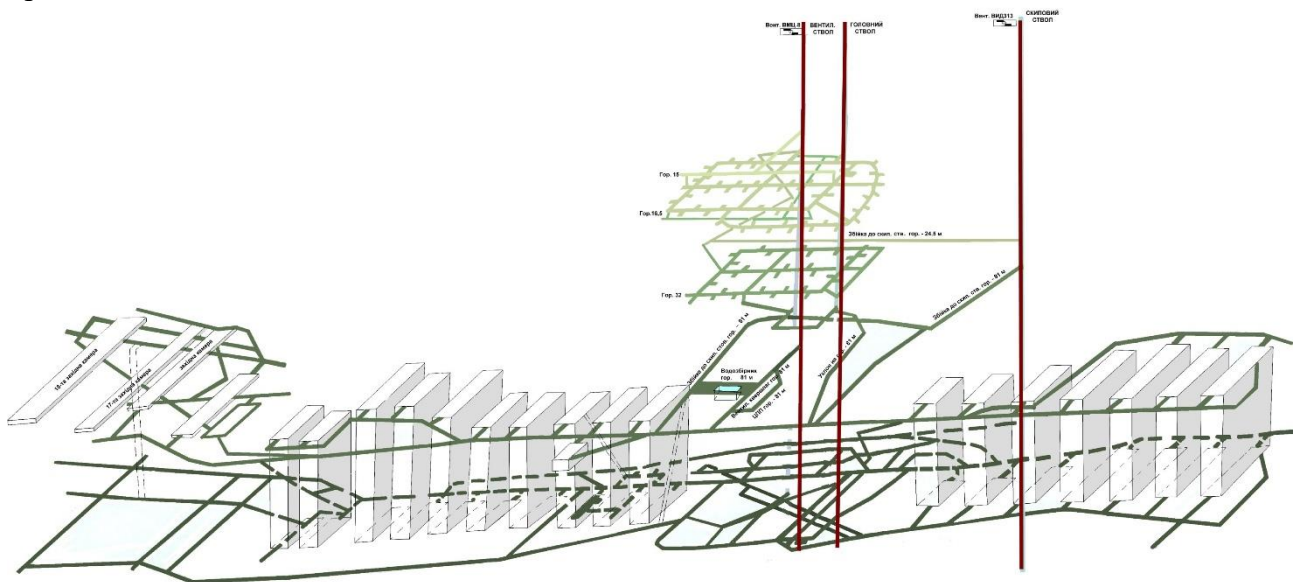
**Рис. 9. Профіль озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів перекритих лесовидними суглинками із чітким ухилом контакту в бік мульди просідання – палеокарстового провалу, палеокарстового озера, що зазнало замулення та евтрофікації із формуванням торфовища в урочищі «Чорний Мочар»**

Наявність озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів перекритих лесовидними суглинками із чітким ухилом контакту в бік мульди просідання, є незаперечними доказами тривалого у часі розвитку природного соляного карсту на лівому березі палеопотічка Глод. Гідрологічні та екологічні умови карстоутворення, просідання, утворення карстового озера, його замулення та заторфовування, а також їх інтенсивність, визначали процеси соляної тектоніки – підняття соляного купола і як наслідок самоорганізації гідрологічної мережі та напрямків розвантаження підземних вод.

Саме в урочищі «Чорний Мочар» була з одного боку одна із найвищих ділянок виходу солей під четвертинні відклади, яка контактувала з потужним потоком підземних вод, що призводило до найбільш інтенсивного вилугування солей саме у цій частині родовища ділянці родовища, формування тут зони живлення четвертинного водоносного горизонту із природним палеокарстовим провалоутворенням та просіданням досить великої мульди, формування палеокарстового озера, що зазнало замулення та евтрофікації із формуванням торфовища.

При чому, фондові матеріали свідчать, що при бурінні в урочищі «Чорний Мочар» гідрогеологічної свердловини №23, у ній спостергалось бурхливе виділення горючого газу, що ймовірно пов'язане з потужною товщею торфів.

Торфовище «Чорний Мочар» локлізоване між лірничими відводами шахт № 8 та особливо № 9. Шахта №9 (рис. 10) діяла з 1975 року. Соляний поклад розкритий трьома центрально розташованими стовбурами: головним, допоміжним і скіповим. Головний ствол діаметром 6 м проведений до глибини 430 м. До глибини 265 м ствол проходить по вміщаючих породах, глибше – в солях.



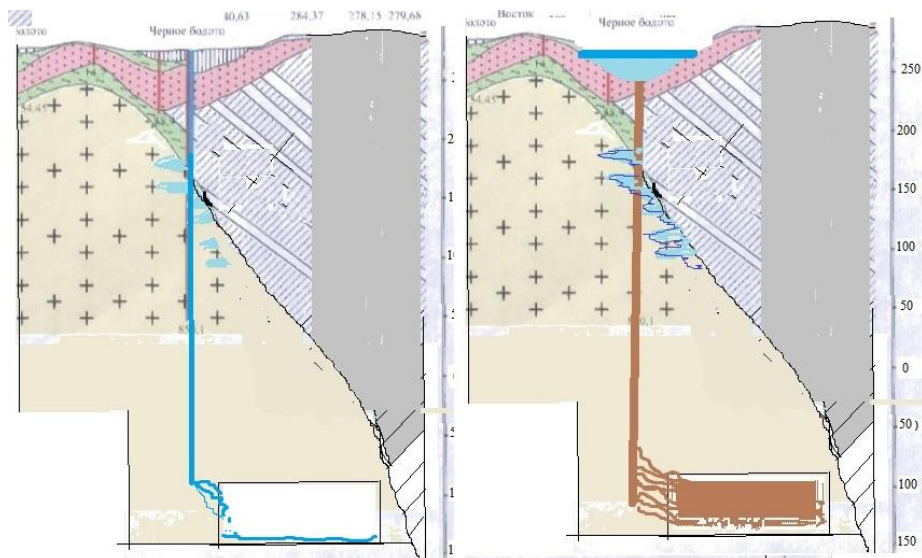
**Рис. 10. Схема виробок шахти №9**

Шахтою № 9 відроблений тільки один горизонт на глибині 360 м від поверхні землі. Підшва видобувних камер знаходиться на відмітці мінус 146 м, а покрівля на мінус 81 м. Ширина камер 20 м, висота 68 м, довжина 90-165 м. Міжкамерні цілики мають ширину 30 м. Площа горизонтального перетину видобувних камер 28 880 м<sup>2</sup>, об'єм 2 млн.м<sup>3</sup>.

Водовідливні установки були розміщені в рудворах на горизонтах мінус 146 і мінус 81 м. З нижнього горизонту розсіл перекачували у резервуар на горизонті мінус 81 м, а звідти – на поверхню. В кінці 2004 року в зв'язку із збільшенням водоприпливу діяльність підземного відділення лікарні була припинена. У 2008 р приплив розсолу збільшився до 500 м<sup>3</sup>/годину. В грудні 2008 року насоси були затоплені.

Місце прориву води встановлено безпосередньо в центрі болота «Чорний Мочар», де стався провал. Геологічний розріз місця прориву показаний на рис. 11.





**Рис. 11. Ліворуч – схема прориву води із зони бокового карсту через свердловину у видобувні камери, праворуч – провал і заповнення жерла і камер провальними масами**

Воно представляє собою котловину над контактом соляного тіла з вміщаними породами. Потужність четвертинних відкладів у котловині досягає 60 м. Бокові породи складені мергелями, аргілітами, алевролітами, пісковиками, які нахилені під кутом 40 - 60°.

В геологічному минулому тут було вогнище розвантаження підземних вод. В результаті розчинення солей утворилося карстове озеро, яке з часом евтрофікувалося, тобто заросло водною і прибережною рослинністю і перетворилося в болото. Про це свідчить лінза торфу у відслоненні на борту провалу.

На контакт соляного куполу з боковими породами проходить карстовий канал, який є зоною транзиту розсолів і простягається від Чорного Мочару до озер Затону. Наявність вказаного карстового каналу встановлена ще Г.В. Короткевичем [2] і підтверджена геофізичними дослідженнями, проведеними УкрНДІМІ. За Г.В. Короткевичем, який задокументував розкриті гірничими виробками карстові порожнини, морфологічно карстовий канал виглядає як серія глибоких ніш на глибині до 200 м. Їх положення контролюється змінами базису ерозії - рівнем води у різні періоди роботи древніх шахт.

Послідовність подій з затоплення шахти №9. Дослідження послідовності процесів при затопленні шахти №9 дозволяє виділити наступні етапи [8-9]. **Перший етап** – 2001-2006 рр. Гірничими виробками розкрита тріщинувата зона, пов'язана з не задокументованими свердловинами в центрі болота Чорний Мочар. Через свердловини із закарстованої приконтантної зони проникла вода, яка по мірі руху перетворилася в розсіл. Пониження рівня бокових підземних в районі Чорного Мочару призвело до інверсії руху води – озера Затону перетворилися із зони розвантаження в зону живлення. Із цих озер вода карстовим каналом протікає в район Чорного Мочару і стволами свердловин виливається у видобувні камери. Із шахти розсіл відкачують і скидають у озера Затону, де розсіл розбавляється атмосферними водами і знову тече до Чорного Мочару.

Внаслідок агресивності розсолів діаметр свердловин розширяється. За рахунок розширення карстового каналу і свердловин дебіт припливу розсолу з 2001 до 2006 поступово зростає до 200 м<sup>3</sup>/годину.

**Другий етап** – 2006-2008 р.р. Стволи свердловин в інтервалі солей внаслідок розчинення розширилися до діаметра біля 10 м. Покриваючі породи – глина, суглинок, гальковик, торф почали провалюватися в жерло. Продукти обвалювання змішуються з розсолом, який поступає із карстового каналу (рис. 12). Утворюється гідросуміш, яка заповнює видобувні камери. В камерах швидкість потоку різко зменшується і тверда фаза випадає в осад. Освітлений розсіл тече до ствола, де ведеться відкачка. Насосна станція перенесена на верхній горизонт. Приплив



розсолу зростає до 500 м<sup>3</sup>/годину. На це вказує динаміка водопритоку у шахту № 9 у 2005-2009 рр. та його зв'язок із еволюцією провалоутворення в районі Чорного Мочара (рис. 13).



Рис.12. Схема формування гідросуміші



Рис. 13. Динаміка водопритоку у шахту № 9 у 2005-2009 рр. та його зв'язок із еволюцією провалоутворення в районі Чорного Мочара

На поверхні утворюється провалля, в яке з крутих схилів сповзають покриваючі породи, дерева і дачні будинки. Усі вищезгадані події чітко фіксуються змінами провалу в районі Чорного Мочара у 2007-2009 роках (рис. 13 та 14).



**Рис. 14. Динаміка провалуутворення в районі Чорного Мочара, внаслідок катастрофічного водопритоку у шахту № 9 у 2007-2009 роках із формуванням карстового провалу та карстового озера**

Сучасний стан карстового озера в урочищі «Чорний Мочар», береги якого інтенсивно заростають вологолюбивою рослинністю показано на рис. 15.



**Рис. 15. Сучасний стан карстового озера в урочищі «Чорний Мочар», береги якого інтенсивно заростають вологолюбивою рослинністю**

**Висновки.** На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Формування провалу, озера, болота та торфовища «Чорний Мочар» у південно-східній частині Солотвинського родовища кам'яної солі тісно пов'язано із процесами соляної тектоніки та розвитком природного соляного карсту на ділянці, де на площі виходу солей під четвертинні відклади відсутній палаг в межах другої надзаплавної тераси річки Тиса, на лівому березі потічка Глод.

2. При підняття соляного куполу у його південно-східній частині, відбувались активні процеси розвитку природного соляного карсту з формування найпотужнішої на родовищі товщі четвертинних відкладів, що досягають тут максимальної потужності біля 100 м, а також досить потужної товщі озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, і власне торфів, потужністю до 20 м.

3. Наявність озерно-болотних відкладів, заторфованих та торфово-мулистих ґрунтів, а також власне торфів перекритих лесовидними суглинками із чітким ухилом контакту в бік мульди просідання, є незаперечними доказами тривалого у часі розвитку природного соляного карсту на лівому березі палеопотічка Глод. Гідрологічні та екологічні умови карстоутворення, просідання, утворення карстового озера, його замулення та заторфовування, а також їх інтенсивність, визначали процеси соляної тектоніки – підняття соляного куполу і як наслідок самоорганізації гідрологічної мережі та напрямків розвантаження підземних вод.

4. Саме в урочищі «Чорний Мочар» була з одного боку одна із найвищих ділянок виходу солей під четвертинні відклади, яка контактувала з потужним потоком підземних вод, що призводило до найбільш інтенсивного вилуговування солей саме у цій частині родовища ділянці родовища, формування тут зони живлення четвертинного водоносного горизонту із природним палеокарстовим провалоутворенням та просіданням досить великої мульди, формування палеокарстового озера, що зазнало замулення та евтрофікації із формуванням торфовища, де були зафіксовані прояви виділення метану.

5. Розглянуті особливості розвитку провалу, озера, болота та торфовища «Чорний Мочар» мають важливе значення для моніторингу за станом геологічного середовища в межах гірничого відводу шахти № 9, особливо за умови раніше обґрунтованого варіанту її осушення, відновлення роботи як копальні, так і підземного відділення алергогічної лікарні.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гайдін А.М. Врятувати Солотвино / А.М. Гайдін // П'ята міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні». Трускавець, 2018. С. 57-65.
2. Короткевич Г. В. Соляной карст / Г. В. Короткевич // Л.: Недра, 1970. - 256 с.
3. Овчинников А.М. Общая гидрогеология / А.М. Овчинников // 2-е изд. - М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 250 с.
4. Гайдин А.М. Техногенный карст / А.М. Гайдін, Рудько Г.І. // Чернівці: Букрек, 2016. - 200 с.
5. Гайдин А.М. Гидрозакладка затопленных подземных пустот. / А.М. Гайдин // Горный журнал, 2011, №2. – С. 34-36.
6. Гайдін А.М. Геодинамічні процеси на соляних родовищах. / А.М. Гайдін, В.О. Дяків // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2010». - Дніпропетровськ. - С. 23-41.
7. Рудько Г.І. Провали. Деформації земної поверхні над гірничими виробками і карстами // Рудько Г.І., А.М. Гайдін // Київ – Чернівці: Букрек, 2019. – 218 с.
8. Дяків В.О. Особливості геологічної будови та сучасний геоecологічний стан Солотвинського родовища кам'яної солі (Закарпаття) / В.О. Дяків, П.М. Білоніжка // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. - 2010. - Вип. 24. - С.62-79.
9. Дяків В.О. Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт № 8 та № 9 Солотвинського солерудника / В.О. Дяків // Збірник наукових праць Волинського нац. ун-ту ім.Лесі Українки - № 9. Природа Західного Полісся та прилеглих територій - Луцьк, 2012. - С.69-79.

10. Дяків В.О. Перспективи відновлення солевидобутку та спелеолікування у затопленій шахті № 9 Солотвинського солерудника / В.О. Дяків // Тези Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи відновлення спелеотерапії та видобутку солі на базі родовища кам'яної солі в смт. Солотвино, Тячівського р-ну, Закарпатської обл.». – смт Солотвино, 22-23 жовтня 2013 р. – 2013. – С. 51-52.

11. Дяків В.О. Еволюція постмаїнінового ландшафту та карстової гідрогеологічної системи Солотвинського родовища кам'яної солі за результатами аерокосмічного моніторингу методами постійних відбивачів (PS) та малих базових ліній (SBAS) / В.О.Дяків, Пакшин М.Ю. // Матеріали П'ятої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (8–12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). – К.: 2018. – Т.2. – С. 122-133.

12. Гайдін А. Як повернути і примножити втрачений потенціал? (Шахта № 9 у межах Солотвинського родовища кам'яної солі: від катастрофічного водопритоку, активного розвитку соляного карсту та аварійного затоплення – до ефекту самотампонування і відновлення підземного відділення алергологічної лікарні) / А. Гайдін, В. Дяків // Всеукраїнський екологічний науково-популярний журнал «Зелені Карпати». – 2020, № 1-4 (64-67). – С. 96-101.

13. Дяків В.О. Ретроспективний аналіз розвитку соляного карсту, ефект самотампонування карстового каналу та перспективи відновлення спелеолікарні в шахті № 9 у межах Солотвинського родовища / В.О. Дяків, А.М. Гайдін // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). – К.: 2021. – Т.2. – С. 157-168.

14. Гайдін А.М. Геодинамічні процеси, що супроводжують розвиток техногенно-активованого соляного карсту / А.М. Гайдін, В.О. Дяків // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). – К.: 2021. – Т.2. – С. 182-189.

15. Дяків В. Карстова гідрогеологічна система Солотвинського родовища, ефект самотампонування карстового каналу та перспективи відновлення спелеолікарні у шахті № 9 / В. Дяків, А. Гайдін // Вісник Львівського ун-ту. Серія геол. – 2021. – Вип. 35. – С. 91-110. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgl.35.07> Режим доступу в мережі Internet: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geology/article/view/11473/11825>



## **ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЯВИ, ЙМОВІРНІ ПРИРОДНІ ТА ТЕХНОГЕННІ ЧИННИКИ АКТИВІЗАЦІЇ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНІЗМУ В НІЧ З 26 НА 27 КВІТНЯ 2023 Р. У С. РОЗВАДІВ СТРИЙСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Дяків В.О.<sup>1</sup>, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*

*Павлюк В.І.<sup>2</sup>, к. геол. н., notebooc@gmail.com,*

*Яремович М.В.<sup>3</sup>, mishayaremovich@gmail.com;*

*1 – ЛНУ імені Івана Франка, Львів, Україна; ТзОВ «Інститут «GIRHIMPROM», Львів, Україна,*

*2 – ЛКП «Львівводоканал», Львів, Україна*

*3 – ТзОВ «Геол-тех», Львів, Україна*

Проведено аналіз одноразового прояву грязьового вулканізму із утворенням множинних вибухово-розмивних кальдер різних розмірів, раптовою появою грифонів, проявом ефекту ерліфту, спостережуваними явищами фонтанування насиченої газом пульпи та виділенням газів – перший задокументований прояв, що мав місце в ніч з 26 на 27 квітня 2023 р. у прибережній до р. Дністер частині села Розвадів Стрийського району Львівської області. Характерною особливістю описаного геологічного феномену є підвищена загазованість ґрунтового масиву. Описаний прояв грязьового вулканізму вже спричинив негативні наслідки та тимчасово унеможливив проживання у своїх будинках місцевих мешканців та потенційно може повторитись. Обґрунтовано ймовірні природні та техногенні чинники активізації грязьового вулканізму. Для з'ясування точних причин необхідні детальні дослідження цього геологічного феномену з метою забезпечення екологічної безпеки.

## **GEOLOGICAL MANIFESTATIONS, PROBABLE NATURAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS OF ACTIVATION OF MUD VOLCANOISM ON THE NIGHT OF APRIL 26 TO 27, 2023 IN THE V. ROZVADIV, STRIYSKY DISTRICT, LVIV REGION**

*Dyakiv V.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com;*

*Pavlyuk V.<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.), notebooc@gmail.com,*

*Yaremovich M.<sup>3</sup>; mishayaremovich@gmail.com;*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, «Institute «GIRHIMPROM» LLC, Lviv, Ukraine*

*2 – LKP «Lvivodokanal», Lviv, Ukraine,*

*3 – LLC «Geol-tech», Lviv, Ukraine*

An analysis of a one-time manifestation of mud volcanism with the formation of multiple explosive and erosion calderas of various sizes, the sudden appearance of griffins, the manifestation of the airlift effect, the observed phenomena of gushing gas-saturated pulp and the release of gases - the first documented manifestation that took place on the night of April 26 to 27, 2023 in the coastal part of the Dniester River in the village of Rozvadiv, Striy District, Lviv Region. A characteristic feature of the described geological phenomenon is the increased gasification of the soil massif. The described manifestation of mud volcanism has already caused negative consequences and temporarily made it impossible for local residents to live in their houses, and it can potentially happen again. Probable natural and man-made factors of activation of mud volcanism are substantiated. To find out the exact reasons, detailed studies of this geological phenomenon are necessary in order to ensure environmental safety.

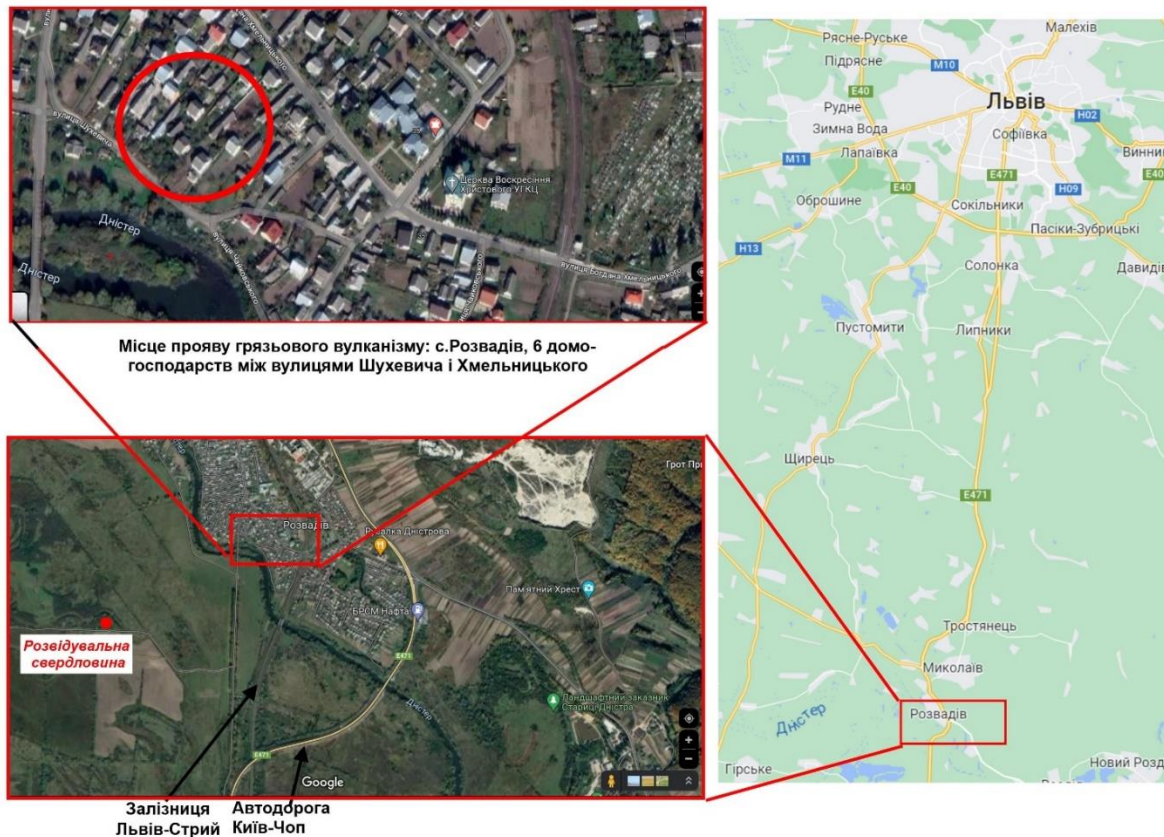
В ніч з 26 на 27 квітня 2023 року мешканці села Розвадів Стрийського району Львівської області, що проживають біля р. Дністер по вул. Шухевича та Хмельницького пробудились від звуків подібних на вибухи чи звуки від феєрверків. За інформацією деяких жителів «уся річка Дністер бурлила» та «в 23.00 почала підійматися земля». Раптовий викид газів у вигляді чисельних грифонів на лівому березі р. Дністер на відстані від кількох десятків до кількох сотень метрів від русла річки, у перший від поверхні четвертинний водоносний горизонт спостерігали десятки мешканців: у криницях «кипіла» вода, а з під землі виривались фонтани глинистої пульпи та утворювались різні за розмірами провали, навколо яких розливалась вода з намулом.

Фонтанування насиченої газом води відбувалось на висоту 5-7 метрів, із викидом у повітря пульпи та утворення низки невеликих кальдер розмірами від 1 на 1 м і глибиною 2-3 м до 2 на 5 м і глибиною 3-4 м із запоненням їх водою, що ще певний час продовжувалась дегазовуватись із виділенням газу.

Мешканці Розвадова біля фонтанів і провалів відчували запах газу – сірководню. За повідомленням деяких жителів, «в них усі кури всі поздыхали, бо потрапилися від газу». При цьому слід зазначити, що природний горючий газ переважно не має запаху. Це не виключає глибинного походження, але може бути аргументом на користь приповерхневого походження газу, що виділявся 26-27 квітня 2023 року.

Провали утворились біля шести будинків і домогосподарств у с. Розвадові, там же відчувався запах газу і мешканців, які там проживали відразу відселили. Один мешканців, який йшов вночі по дорозі вздовж річки Дністер на рибалку, провалився у новоутворений провал заповнений водою, але зміг самостійно вибратись з нього.

Усі ці події відбувались у той самий час коли бурова компанія «Горизонти» та її субпідрядник компанія «ПроектБуд», у 900 м на південний захід від описаного місця у с.Розвадів, проводили бурові роботи на облаштованій розвідувальній свердловині з пошуку газових покладів, на протилежному правому березі річки Дністер, а сукупність спостережуваних явищ, через три дні 30 квітня 2023 року В. Дяківим було визначено як грязевий вулканізм [1] (рис. 1).

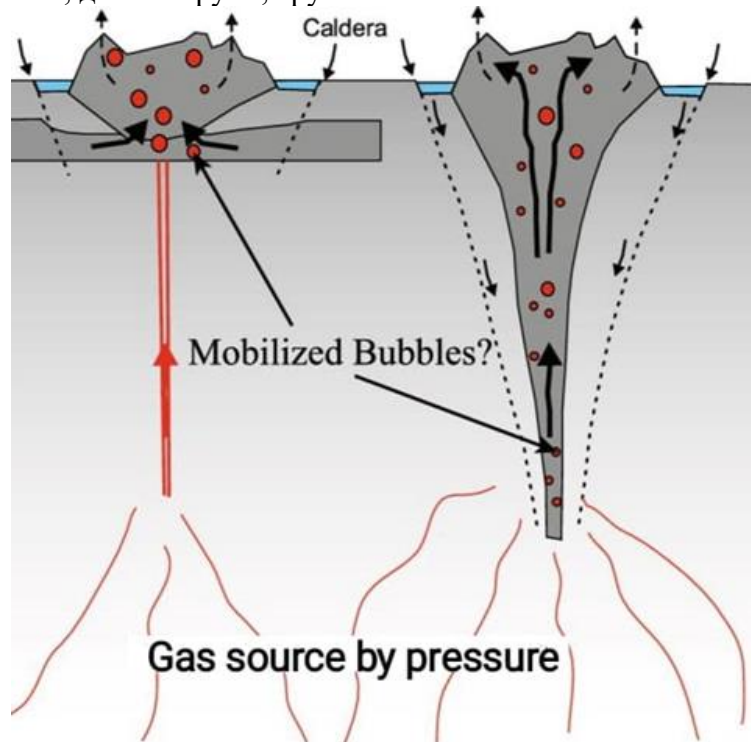


**Рис. 1. Просторова локалізація місця прояву грязевого вулканізму у с. Розвадів Стрийського району Львівської області**

За усталеним визначенням під грязьовим вулканізмом розуміють процеси виверження грязьових вулканів або сальз, (англ. *mud volcano*, *air volcano*, *macaluba*, нім. *Schlammvulkan*, *Salse*) – геологічних утворень над тріщинами в осадових відкладах, що вміщують поклади газу під високим тиском, із постійним або періодичним виверженням грязьових мас та горючих газів. В той же час А.Маззіні та Дж. Етіопе [2] у своєму огляді за 2017 рік, подають таке визначення: під грязьовими вулканами розуміють поверхневі прояви сфокусованого потоку флюїдів (води, нафти, газів, грязі (mud)) по гідравлічно пов'язаним каналам від вуглеводневомісних покладів до денної поверхні, які можуть мати або не мати комерційного (промислового) значення. Грязьовий вулканізм (*mud volcanism*, рис. 2) – це поверхневе вираження підповерхневих (підземних) процесів, що характеризуються переміщенням великих мас осадових відкладень і рідин, які разом позначаються як «осадовий вулканізм». Підповерхневі (підземні) процеси, які можуть або не можуть призвести до грязьового вулканізму, узагальнено називаються



«конструкціями проколу», які включають діапіри, діатреми, куполи, дренажні труби, грязьові інтрузії, грязьові насипи, димові труби, труби.



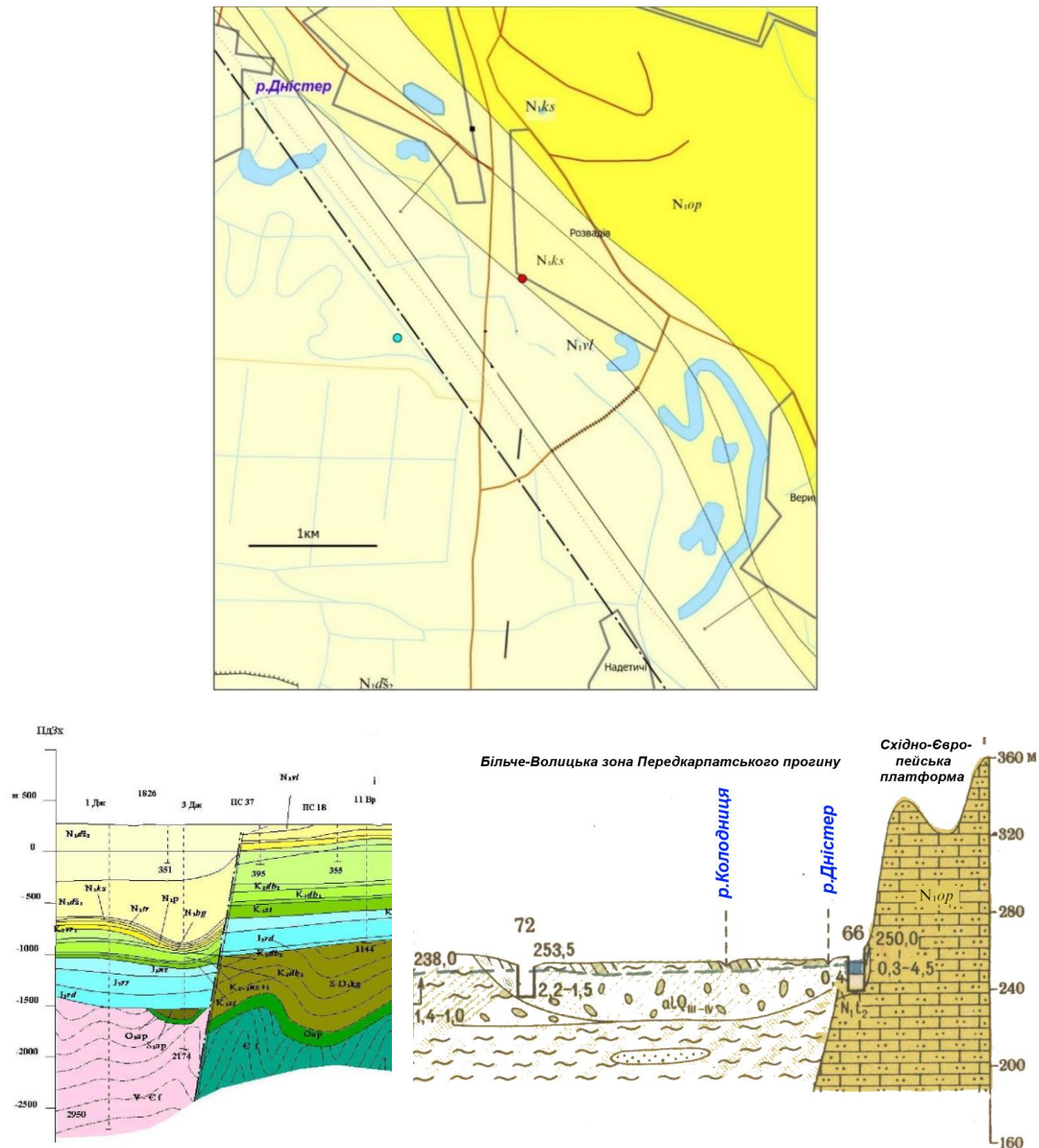
**Рис.2. Моделі формування грязьових вулканів із кальдерою.**

«Грязьовий вулкан» часто розглядається як описовий термін, що вказує на поверхневий викид грязі, води та газу, незалежно від геологічних процесів і умов, які керують і контролюють прояв рідини. У результаті цей термін часто неправильно застосовувався до вулканічних (магматичних) або геотермальних і неосадових умов, що призводило до ненавмисної розбіжності в послідовних наукових дискусіях.

При цьому в обидвох визначення ні про періодичність, ні про постійність у цьому визначенні не йдеться, хоча є неправильне тлумачення у дискусіях інших випадків які не належать до грязьового вулканізму, бо не приурочені до покладів вуглеводнів, а до геотермальних і власне вулканічних явищ, і за цими визначеннями. Виходячи з цього, Розвадівський геологічний феномен - повністю відповідає визначенню грязьового вулканізму.

Грязьовий вулканізм є досить поширеним природним геологічним явищем на нашій планеті, насамперед у нафто-газовидобувних регіонах та територіях із підвищеною вулканічною і сейсмічною активністю, яке зафіксована в багатьох країнах світу (США, Канада, Мексика, Панама, Венесуела, Колумбія, Еквадор, Перу, Нігерія, Намібія, Італія, Албанія, Румунія, Грузія, Азербайджан, Туркменістан, Індія, М'янма, Японія, Китай, Іран, Індонезія, Філіппіни, Папуа Нова Гвінея, Нова Зеландія та ін.), у тому числі і в Україні - найбільш яскраво виражені прояви на Керченському півострові у Криму, а також в межах Передкарпаття, поблизу с. Старуня в Івано-Франківській області.

За геоструктурними особливостями досліджувана територія є тектонічною зоною, де спостерігається зчленування Прикарпатського крайового прогину з Східно-Європейської платформою, на що вказують особливості геологічної будови виявлені як на державній геологічній карті масштабу 1:200000 та і більш крупномасштабному геологічному картуванні (рис. 3).



**Рис. 3. Державна геологічна карта масштабу 1:200000 в околицях с.Розвадів та різномасштабні розрізи у напрямку Південний Захід – Північний Схід на межі Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину та Східно-Європейської платформи**

Враховуючи структурні і фаціальні особливості платформеної частини і Зовнішньої зони Передкарпатського крайового прогину, границю між ними проводять по різкому зануренню верхньокрейдяних порід, залягаючих на них нижньобаденських відкладів і хемогенних осадків тираської світи, а також по різному співвідношенню потужностей глинистих відкладів верхнього баденію і нижнього сармату, що підтверджується геологічною будовою.

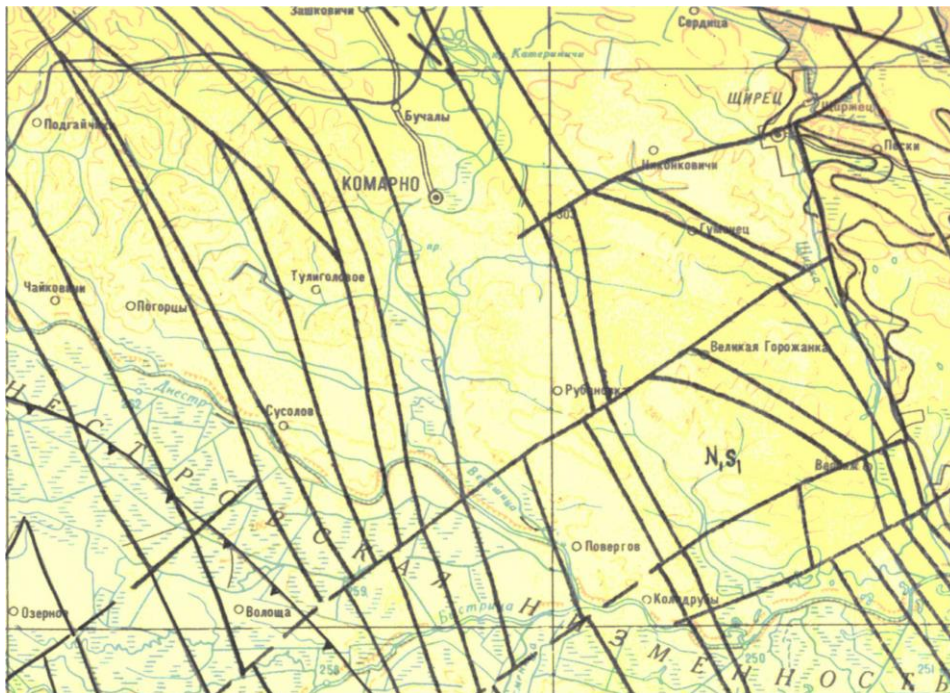
Ця границя проходить з північного заходу на південний схід, потім різко повертає на схід і прослідковується вздовж лівого берегу р. Дністер. На південний захід від вказаної границі, гіпсометрично значно нижче, під четвертинними відкладами викриваються нижньосарматські і верхньобаденські глинисті відклади, в той час, як хемогенні осадки тираської світи, більш древні нижньобаденські і верхньокрейдяні породи знаходяться на значних глибинах. Така різка нерівномірність в глибинах залягання одних і тих самих стратиграфічних одиниць на коротких відстанях і поява в розрізі нижньосарматських відкладів на захід від тектонічної лінії дає можливість провести чітку тектонічну границю між Східно-Європейської платформою і

Зовнішньою зоною Передкарпатського крайового прогину саме на досліджувані ділянці грязьового вулканізму у с.Розвадів (рис. 3).

Поряд з диз'юнктивними формами порушень в межах крайової частини платформи спостерігаються плікативні флексуроподібні форми занурення. Зокрема, таке явище спостерігається на південний схід від досліджуваного району. Вздовж цієї лінії відзначається досить швидке занурення літотамнієвих вапняків і органогенно-уламкових пісків Нараївського горизонту під верхньобаденські глинисті відклади, які на південний схід від цієї лінії перетинаються свердловинами під відкладами верхнього баденію. В зоні флексуроподібного занурення породи Нараївського горизонту зберегли на собі сліди тектонічної діяльності: вони розбиті крупними тектонічними вертикальними або круто падаючими тріщинами, в результаті чого первинне горизонтальне залягання їх порушене і вони падають найчастіше у південно-східному напрямку під ще більшим кутом до 40 градусів.

Зовнішня зона Передкарпатського крайового прогину поділяється на слабо і глибоко занурені частини. Границя між цими частинами тектонічна. Це тектонічне порушення простягається вздовж південно-західного краю Східно-Європейської платформи та добре встановлюється по різкому збільшенню потужності сарматських відкладів (до 1000 м і більше) і по глибокому зануренню верхньокрейдяних порід та залягаючих на них відкладів нижнього і верхнього баденію, в тому числі і хомогенних осадків тираської світи. При цьому амплітуда скиду перевищує 500 м, площа скиду має південно-західного падіння з кутом падіння (судячи з тріщинуватості) від 450 до 900.

Таким чином, на цій порівняно невеликій площі відбувалися інтенсивні тектонічні рухи, особливо на захід та південь від с. Розвадів, яка розбита системою поперечних і поздовжніх скидів з різними амплітудами опускання, завдяки чому вона має складну блокову будову (рис. 4).



**Рис. 4. Складна блокова будова на цій порівняно невеликій площі на захід та південь від с. Розвадів, де відбувалися інтенсивні тектонічні рухи, що призвело до формування системи поперечних і поздовжніх скидів з різними амплітудами опускання, що визначають особливості геологічної будови**

Проведений аналіз подій, що відбувались в ніч з 26 на 27 квітня 2023 року, дають підстави стверджувати, що прибережна до р. Дністер частина село Розвадів Стрийського району стала місцем першого на Львівщині проявом грязьового вулканізму на стадії одноразового утворення множинних вибухово-розмивних кальдер різних розмірів - Розвадівський геологічний феномен із загазованістю ґрунтового масиву, раптовою появою грифонів, проявом ефекту ерліфту,



спостережуваними явищами фонтанування насиченої газом пульпи та виділенням отруйних газів.

Розвадівський геологічний феномен – перший на Львівщині прояв грязьового вулканізму насамперед зумовлений вищезазначеними особливостями геотектонічної позиції та геологічної будови. Геологічними проявами грязьового вулканізму у с.Розвадів в ніч з 26 на 27 квітня 2023 року були:

1) раптові викиди газу у вигляді грифонів на лівому березі р. Дністер на відстані від кількох десятків до кількох сотень метрів від русла річки (рис. 5);

2) ефекти ерліфту у першій від поверхні четвертинний водоносний горизонт, що проявився «закипанням» води у колодязях та підняття рівня у них вище денної поверхні, аж до самовиливу (рис.6);

3) фонтанування насиченої газом та завислими глинистими частинками води (пульпи) на висоту 5-7 метрів (рис.7).

4) одноразове утворення множинних вибухово-розмивних кальдер різних розмірів від 1 на 1 м і глибиною 2-3 м до 2 на 5 м і глибиною 3-4 м із запоненням їх водою (рис.8)

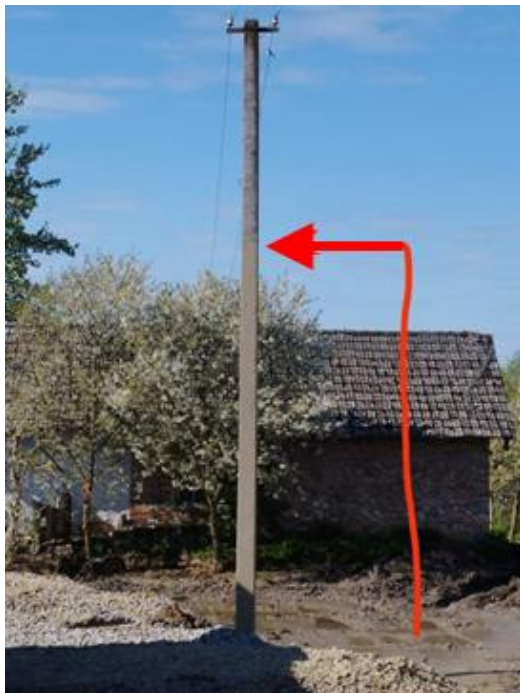
5) залишкова дегазація ґрунтового масиву, який ще певний час продовжувалась дегазовуватись із виділенням газу із відчутним запахом сірководню.



**Рис. 5. Раптові викиди газу у вигляді грифонів на лівому березі р. Дністер на відстані від кількох десятків до кількох сотень метрів від русла річки Дністер, задокументовані місцевими мешканцями**



**Рис. 6. Ефекти ерліфту у першій від поверхні четвертинний водоносний горизонт, що проявився «закипанням» води у колодязях та підняття рівня у них вище денної поверхні, аж до самовиливу**



**Рис. 7. Фонтанування насиченої газом та завислими глинистими частинками води (пульпи) на висоту 5-7 м**



**Рис. 8. Одноразове утворення множинних вибухово-розмивних кальдер різних розмірів від 1 на 1 м і глибиною 2-3 м до 2 на 5 м і глибиною 3-4 м із заповненням їх водою**

Якими можуть бути ймовірні причини грязьового вулканізму – Розвадівського геологічного феномену та які робочі версії слід верифікувати у процесі обстежень та досліджень?

Одночасне розкриття свердловиною бурової компанії «Горизонти» газової пастки та розломної зони по якій відбулась міграція газу до житлової забудови і лише після припинення робіт на буровій установці газовиділення, утворення грифонів, фонтанування та провалоутворення почали пригнічуватись. Хоч дана версія із повідомлень інформаційних агенств вважається основною, бо це підтвердили представники бурової компанії «Горизонти», які без оприлюднених результатів розслідування взяла на себе витрати проживання і харчування переселених мешканців та заявили, що компенсує нанесені збитки, до неї (такої версії) є дуже багато запитань, на які важко дати однозначну відповідь, насамперед відстань 0,9 км від місця буріння до газовиділення, далі шлях міграції та ряд інших.

В той же час взаємозв'язок свердловини з місцем витoku, є вагомим заперечення, а саме 900 м до точки викиду від свердловини через зону глибинного розлому. Колектором четвертинні



відклади апріорі не можуть бути з багатьох причин. По-перше, вони тут заглинизовані, включаючи гравійні відклади, по-друге - проникність, враховуючи потужності вертикальна набагато вище горизонтального (по шляху були би тисячі можливостей розгрузки на поверхню, враховуючи особливості нашарування в заплавах умовах), і головне, Дністер являється зоною розвантаження.

Знаючи колекторські властивості дашавських відкладів, перетоки по цим пластам проходили би дуже повільно із значним градієтом падіння тиску. Через 1 км, тиски з 40 атмосфер від розвідувальної свердловини до місця прояву грязьового вулканізму в межах Розвадова були би повністю нівельованими. Тим більше, розвантаження тисків йшло у межах свердловини, і враховуючи закономірності, рух газів йшов по шляху найменшого опору, вздовж колони на поверхню, а не ніяк в пласт.

Але, тектонічні зрушення в межах глибинного розлому, могли спровокувати порушення щільності на значній площі, що вплинуло на зміну умов в межах сотень метрів чи кілометрів. Ймовірно у цей час, чи трохи раніше, був зареєстрований землетрус, який призвів до одночасного газовиділення у свердловині та у с.Розвадів.

Не слід списувати з рахунків природну загазованість заплави р. Дністер, де біля с.Розвадів проходить глибинний розлом між Зовнішньою зоною Передкарпатського прогину та Східно-Європейською платформою, по якому внаслідок тектонічних зміщень без виразних сейсмічних подій вперше маркувалось раптовим виділенням газу у вигляді грифонів, фонтануванням та провалоутворенням.

Спостережувані події та явище у прибережній до р. Дністер частині села Розвадів Стрийського району є однозначними ознаками того, що в ніч з 26 на 27 квітня 2023 року тут мав місце прояв грязьовий вулканізм на стадії одноразового утворення множинних вибухово-розмивних мікрокальдер - Розвадівський геологічний феномен, зумовлений як особливостями геологічної будови, так і техногенним порушенням цілісності геологічного середовища, який потенційно може мати продовження, і навіть періодичний чи постійний характер, при цьому порушити нормальні умови проживання більшої кількості мешканців: саме тому вкрай необхідні детальні дослідження цього геологічного феномену з метою забезпечення екологічної безпеки.

#### **Список використаних джерел:**

1. Дяків В. Грязьовий вулканізм на стадії одноразового утворення множинних вибухово-розмивних кальдер різних розмірів - перший задокументований на Львівщині прояв, що мав місце в ніч з 26 на 27 квітня 2023 р. у прибережній до р.Дністер частині села Розвадів Стрийського району Львівської області // Режим доступу в мережі Інтернет: <https://www.facebook.com/environmental.geology.department/posts/pfbid02m6vvtrW8vWLbBnBhzTvXWX6wekSVVHfwyR9x5NrGaGLPUmwdkfw8iuarcj5S1Zywl>

2. Mazzini A., Etiope G., Mud volcanism: an updated review // Режим доступу в мережі Інтернет: [https://cdn.fbsbx.com/v/t59.2708-21/95106617\\_790851374773452\\_5965295075440197632\\_n.pdf/EARTH\\_2016\\_84\\_Revision1\\_V0\\_cleanean.pdf](https://cdn.fbsbx.com/v/t59.2708-21/95106617_790851374773452_5965295075440197632_n.pdf/EARTH_2016_84_Revision1_V0_cleanean.pdf)

3. <https://youtu.be/4Tjm2i6bmRc>

4. <https://t.me/treshukraina/60>

5. <https://m.facebook.com/groups/m.visti/permalink/1295026221226852/>

6. <https://youtu.be/uu1eTmuJKZ8>

7. [https://youtu.be/T3fzz\\_PMXRQ](https://youtu.be/T3fzz_PMXRQ)

8. [https://youtu.be/T3fzz\\_PMXRQ](https://youtu.be/T3fzz_PMXRQ)

9. <https://24tv.ua/geyzeri-rozvadovi-26-kvitnya-2023-chomu...>

10. [https://zaxid.net/cherez\\_burinnya\\_gazovoyi\\_sverdlovini\\_na...](https://zaxid.net/cherez_burinnya_gazovoyi_sverdlovini_na...)

11. [https://tvoemisto.tv/.../stalo\\_vidomo\\_yaka\\_sytuatsiya\\_u...](https://tvoemisto.tv/.../stalo_vidomo_yaka_sytuatsiya_u...)

12. <https://suspilne.media/.../458673-u-seli-rozvadiv-na.../>

13. <https://varta1.com.ua/.../stihiyne-liho-na-lvivshchini...>

14. <https://www.azernews.az/nation/140955.html>

## РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОЛОГІЧНОГО ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ СТАРУНСЬКОГО ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

*Омельченко В.Г., к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Калиній Т.В., асистент, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

**Анотація.** Дистанційне зондування Землі дає основу для дешифрування космічних знімків. Для території Старунського геодинамічного полігону ми використали знімки з веб-сайту <http://earth.google.com> (рис.1) та виконали їх дешифрування на основі відомих методичних розробок, а також виконали детальне дешифрування аерофотознімків безпілотної літальної апаратури.

## RESULTS OF THE GEOLOGICAL DECIPHERATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS OF THE STARUN GEODYNAMIC RANGE

*Omelchenko V., Cand. Sci. (Geol.), associate professor, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Kalinii T., assistant, ovgeo@nung.edu.ua;*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Abstract.** Remote sensing of the Earth provides a basis for deciphering space images. For the territory of the Starunsky geodynamic range, we used images from the website <http://earth.google.com> and deciphered them based on known methodological developments, as well as detailed deciphering of aerial photographs of an unmanned aerial vehicle.

Для достовірної інтерпретації космічної інформації наземними методами необхідно мати космічні, а для детального дешифрування геологічної будови такої маленької за площею ділянки як Старунський геодинамічний полігон, потрібен більш крупний масштаб дистанційного зондування Землі. Тому ми використали власну аерофотозйомку з різних висот (200, 100, 50м) з допомогою безпілотної літальної апаратури, що зображено на рис. 2-4.



**Рис. 1.** Територія Старунського геодинамічного полігону.  
Знімок з космосу [<http://earth.google.com>]



**Рис. 2. Село Старуня з висоти 50 м. Зліва внизу – грязьовий вулкан.**



**Рис. 3. Дешифрування контурів геологічних утворень для Геологічної карти четвертинних відкладів на Старунському геодинамічному полігоні**

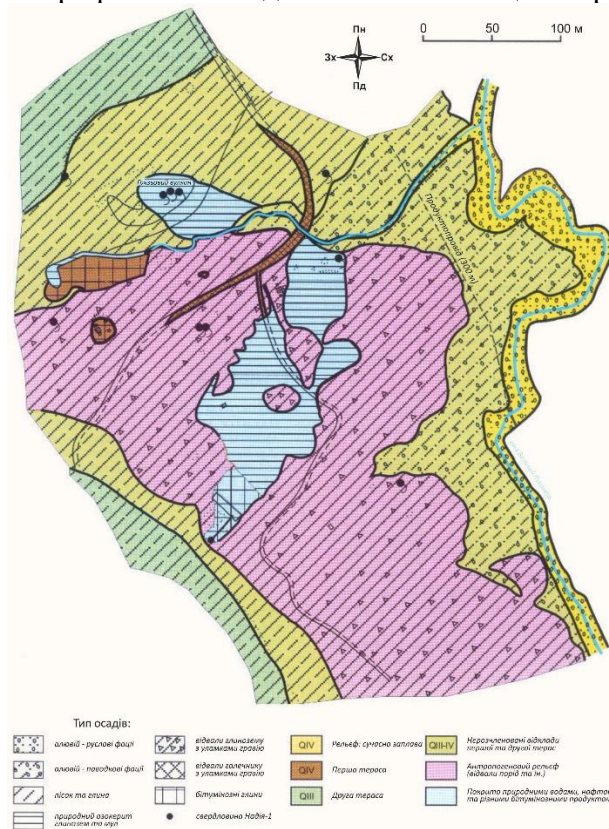


**Рис. 4. Старунський грязьовий вулкан.**



Для правильного розуміння специфіки геологічної будови, геоморфологічних особливостей та неотектоніки на Старунському геодинамічному полігоні необхідно розглянути ці питання у регіональному плані. Для цього ми обрали Богородчанський район, на території якого розташований Старунський геодинамічний полігон.

За результатами дешифрування аерофотознімків була побудована схематична геоморфологічна карта Старунського геодинамічного полігону (рис. 5), що свідчить про ефективність застосування аерофотозйомки для малих за площею територій.

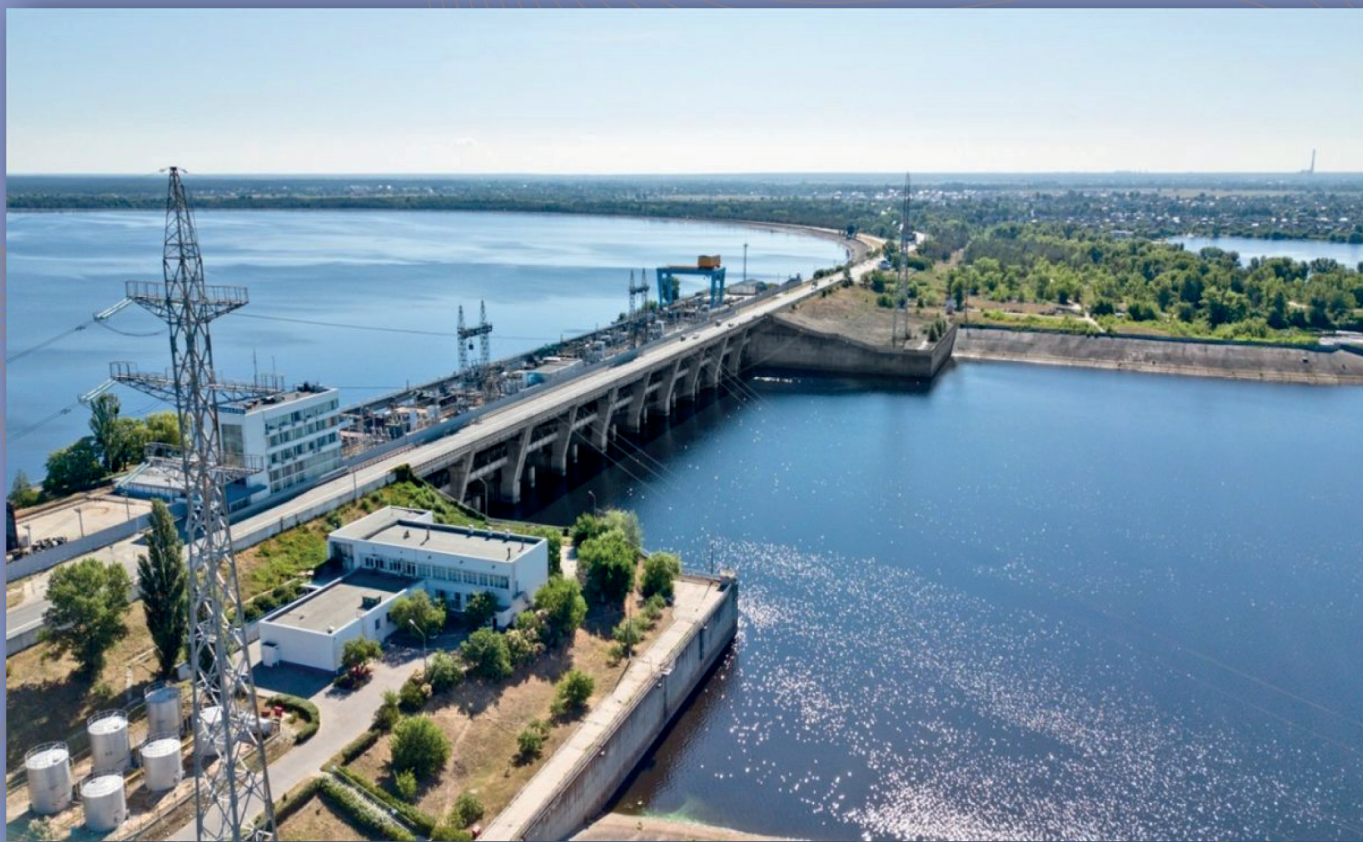


**Рис. 5. Геоморфологічна схематична карта Старунського геодинамічного полігону**





# **ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД. ПЕРЕОЦІНКА ЗАПАСІВ ТА РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД**





## **ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИДОБУТКУ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА ВОДОДІЛЯХ І ЗАПЛАВАХ В МЕЖАХ НЕМИРІВСЬКОГО РОДОВИЩА**

**Стеценко Б.Д.**, к. геол.-мін. н., [stecenko@hydrosafe.kiev.ua](mailto:stecenko@hydrosafe.kiev.ua),

*Державна установа «Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних досліджень НАН України», Київ, Україна*

На прикладі Немирівського родовища питних підземних вод проведено порівняльний аналіз доцільності видобутку підземних вод з докембрійських кристалічних порід Українського щита на вододільних плато і в заплавах гідрологічної мережі в сучасних умовах екологічного стану поверхневих вод. Показано, що підземні води кристалічних порід на вододільному плато є важливою складовою водопостачання населення невеликих міст, а заплави гідрологічної мережі можуть виявитися проблемними через можливий тісний зв'язок підземних вод кристалічних порід з поверхневими водами – носіями небезпечних забруднень.

## **ON EXPEDIENCY OF DRINKING GROUNDWATER WITHDRAWAL ON WATERSHEDS AND FLOODPLAINS WITHIN THE NEMYRIV FIELD**

**Stetsenko B.**, *Cand. Sci (Geol.-Mineral.)*, [stecenko@hydrosafe.kiev.ua](mailto:stecenko@hydrosafe.kiev.ua),

*State Institution «Radioenvironmental Centre of NAS of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

A comparative analysis of the expediency of groundwater withdrawal from the Precambrian crystalline rocks of the Ukrainian Shield on the watershed plateaus and in the floodplains of the hydrological network in modern conditions of the ecological state of surface waters was carried out with Nemyriv field of drinking groundwater as the example. It is shown that the groundwater of crystalline rocks on the watershed plateau is an important component of water supply for the population of small cities, and the floodplains of the hydrological network may prove to be problematic due to the possible close connection of groundwater of crystalline rocks with surface waters contenting dangerous pollutants.

**Вступ.** Вододільні плато в межах поширення кристалічних порід з тонким шаром осадового чохла над ним або без нього притягують увагу споживачів питної води в різних країнах світу, особливо в тих, де ресурси прісної води незначні. Ці елементи басейнів річок цікаві тим, що якість підземних вод в їх межах слабо або зовсім не залежить від поверхневих вод в прилеглих до них водоймах. Розвідників і споживачів підземних вод з вододільних плато трохи бентежить відносно низька водозбагаченість зони тріщинуватих кристалічних порід в межах цього елемента рельєфу через їх незначну потужність і малу водопровідність. Тому, при плануванні організації питного водозабезпечення за рахунок підземних вод з кристалічних порід вододільних плато треба враховувати гранично допустиму щільність споживачів.

В даній роботі зазначено, що у м. Немирів питні підземні води тріщинуватих кристалічних порід вододільного плато в центрі міста вже багато років забезпечують населення питною водою. Але економічний розвиток цього міста без відповідного розширення його площі може призвести до перевищення ресурсних можливостей тріщинуватих кристалічних порід вододільного плато. Тоді виникне потреба збільшення водозабезпечення питною водою за рахунок ресурсів підземних вод в заплавах басейну р. Устя і Південний Буг в районі розташування м. Поки що спроба використання ресурсів підземних вод кристалічних порід в заплаві р. Устя біля старого Скіфського городища не дала позитивних результатів через нестабільну якість підземних вод і наразі погляд розвідників спрямований на інші гіпотетично перспективні ділянки в заплавах навкруг цього міста [1].

Мета даної роботи полягає у відзначенні важливості вододільних плато для видобутку якісної питної води з тріщинуватих докембрійських порід, на прикладі м. Немирів, і поставити питання подальшої розвідки підземних вод в заплавах річок Південний Буг і Устя, необхідної для нарощування водопостачання населення Немирова, коли, через поступальний економічний розвиток міста, її потреби вийдуть за межі ресурсів вододілу.

**Відправна інформація і обговорювання результатів порівняльного аналізу.** Немирівське родовище підземних вод пов'язане з м. Немирів, Вінницької області в Україні. Найбільша центральна частина цього міста розташована на вододільному плато лівого берега р.

Устя, яка перетинає це місто з північного заходу на південний схід і є притокою Південного Бугу.

Згідно геологічної будови це місто розташоване на території поширення масиву докембрійських кристалічних порід Українського щита. Більша частина міста, разом з основною масою населення, а також невеликими державними установами і приватними підприємствами (споживачами підземних вод із верхньої тріщинуватої зони кристалічних порід) знаходяться саме на вододільному плато.

Малопотужний осадовий чохол над кристалічними породами, представлений на вододільному плато неоген-четвертинними суглинками і супісками, а в заплавах гідрологічної мережі – алювіальними пісками, є маловодним і, до того ж, незахищеним від забруднення з поверхні землі. Хоча, через брак питної води, підземні води неоген-четвертинного комплексу теж місцями експлуатуються мешканцями Немирова за допомогою шахтних колодязів незважаючи на сумнівну якість води.

Водоносний горизонт у верхній зоні тріщинуватих кристалічних порід, який в межах Немирівського родовища є, в цілому, захищений шаром каоліну кори вивітрювання від міграції забруднення з поверхні землі крізь зону аерації, в тому числі з поверхневих водотоків. Згідно даних в роботі [1, 2] загальна потужність шару каоліну майже всюди розвинутої кори вивітрювання кристалічних порід мезо-кайнозойського віку (MZ-KZ) знаходиться в межах 0-30 м, а в зоні тектонічних порушень може досягати 50-70 м. Коефіцієнт фільтрації цих порід варіює в межах  $n \cdot 10^{-2}$ - $10^{-4}$  м/добу. Мінералізація вод змінюється в межах 0,3-0,7 г/дм<sup>3</sup>, а іноді зустрічається до 1 г/дм<sup>3</sup>. Загальна жорсткість варіює від 3,45 до 8,8 моль/дм<sup>3</sup>, місцями досягаючи 14,8 ммоль/дм<sup>3</sup>. Індекс рН варіює в межах 7,0-7,9. Вміст радіоактивних елементів такий: уран < 0,002-0,008 ку/дм<sup>3</sup>; радій<sup>226</sup> –  $3,5$ - $2,3 \cdot 10^{-12}$  ку/дм<sup>3</sup>; радон – 27,7-274,8 Бк/дм<sup>3</sup>.

В залежності від місця розташування експлуатаційних свердловин, тобто від геоморфології рельєфу місцевості, водоносний горизонт в зоні підвищеної тріщинуватості докембрійських кристалічних порід може експлуатуватися двома способами. На вододільних плато в центрі міста Немирова водоносний горизонт в кристалічних породах експлуатується за допомогою окремих свердловин, що належать окремим власникам, які несуть тягар відповідальності за технічний стан експлуатаційних свердловин і якість води в них. Цей спосіб можна назвати адресним, бо він на пряму пов'язаний зі споживачем добутої питної води. Через малу потужність (до 30-40 м) і малу водопровідність (в середньому, 3 м<sup>2</sup>/добу) зони підвищеної тріщинуватості кристалічних порід ці свердловини діють з невеликими дебітами (20-60 м<sup>3</sup>/добу), але добута вода відповідає нормам якості питної води, що цілком задовольняє споживачів. Якість підземних вод кристалічних порід на вододільному плато забезпечена шаром каоліну в покрівлі зони тріщинуватості кристалічних порід і слабким зв'язком з поверхневими водами місцевої гідрологічної мережі.

У 1975 р. пара десятків свердловини, хаотично розкиданих в центрі Немирова, разом видобувала близько 1 тис. м<sup>3</sup>/добу [2]. За даними моделювання [3] максимальний сумарний видобуток цих свердловин може досягати 2-2,5 тис. м<sup>3</sup>/добу і вже багато років саме вони забезпечують більшу частину потреби населення у питній воді.

А от в заплавах гідрологічної мережі Немирівського родовища, де потужність водоносного горизонту в зоні тріщинуватих кристалічних порід сягає до 100 і більше м, а водопровідність знаходиться в межах від 30 до 400 і більше м<sup>2</sup>/добу, цей горизонт може експлуатуватися лінійними рядами свердловин вздовж річищ гідрологічної мережі з дебітами на порядок вищими, ніж на вододільному плато. Відповідальність за технічний стан свердловин і якість видобутої води, зазвичай, несе міський водоканал або приватний підприємець більш-менш великої корпорації.

Але в наш час заплави і самі води гідрологічної мережі в районі Немирівського родовища підземних вод є носіями забруднень і, до того ж, шар каоліну в місцях розташування експлуатаційних свердловин біля річищ гідрологічної мережі іноді виявляється занадто тонким або зовсім відсутнім. Тому, через підтягування забруднених поверхневих вод крізь «природні вікна» в тріщинуваті кристалічні породи веде до втрати якості добутих підземних вод.



Негативний факт використання незахищених підземних вод неоген-четвертинного водоносного комплексу для пиття є відомий владі міста і, для скасування цієї проблеми, було вирішено збудувати муніципальний водозабір, який би задовольняв потреби в питній воді все населення Немирова. Але через помилкові пріоритети до яких відноситься висока водопровідність (в середньому 360 м<sup>2</sup>/добу в заплаві при 3 м<sup>2</sup>/добу на схилах долини і вододілі) і водозбагаченість (в середньому 40 м<sup>2</sup>/добу при 0,5-6 м<sup>2</sup>/добу за межами ділянки) тріщинуватих кристалічних порід цей водозабір опинився на ділянці заплави р. Устя на 4 км нижче Немирова біля старого Скіфського городища, де захисний шар каоліну виявився місцями розмитий, а забруднень у воді р. Устя, через недостатньо очищені міські стічні води і інші фактори, тут багато.

Підтягуючи поверхневі води в кристалічні породи крізь «вікна» в захисному шарі каоліну якість підземних вод, добутих з тріщинуватих кристалічних порід, виявилась прогресуюче нестабільною, а вода непридатною для вживання. Відкритий у 1975 р. муніципальний водозабір з п'яти експлуатаційних свердловин, розташованих у вигляді лінійного ряду вздовж русла р. Устя при затвердженні в ДКЗ України запасів підземних вод за сумою категорій А+В+С<sub>1</sub> у кількості біля 5 тис. м<sup>3</sup>/добу, через втрату якості підземних вод в ході нарощення видобутку, більше, ніж 128 м<sup>3</sup>/добу довгий час не видобував і тільки в останні роки, починаючи з 2018 р., збільшив видобуток до 400 м<sup>3</sup>/добу за рахунок перенесення експлуатаційних запасів підземних вод від двох закритих свердловин міського водозабору на дві свердловини приватного підприємства ТОВ «ЛВН ЛІМІТЕД», що розташовані ближче до Немирова і подалі від Скіфського городища [2].

### Висновки

1. На територіях, де поширені кристалічні породи, видобуток підземних вод з них на вододільних плато є важливою складовою водопостачання населення невеликих міст;
2. Експлуатація підземних вод кристалічних порід в заплавах гідрологічної мережі може виявитися хибною через занадто тісний зв'язок водоносного горизонту з забрудненими поверхневими водами.

### Список використаних джерел:

1. Терентієв О.Ю., Мельник А.В., Озерко М.В., Шепель В.І. Геолого-економічна оцінка запасів підземних вод на ділянці «Скіфська» Немирівського родовища для господарсько-питних та технологічних потреб ТОВ «ЛВН ЛІМІТЕД». Ділянка надр, де розташовані свердловини №№ 1/12; 2; 3; 5/2069; 6/2040; 8/2039, Київ, 2018. – 197 с.
2. Погонина В.И., Бондарева В.Н., Григорьев В.Н., Сирченко Л.К. Отчет о результатах поисков и предварительной разведке подземных вод для водоснабжения г. Немиров Винницкой обл., УССР. – Том 1, Киев, 1977 г. – 122 с.
3. Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф., Шестопапов В.М., Саприкін В.Ю. Особливості формування експлуатаційних ресурсів підземних вод кристалічних порід в районі Немирова, Україна. // Мінеральні ресурси України, № 2, 2023. – С. 42-49



## ДО ПИТАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНОГО СТАНУ МАСИВІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД

**Люта Н.Г.<sup>1</sup>**, к. геол.-мін. н., *nlyuta@ukr.net*;

**Саніна І.В.<sup>2</sup>**, *ekogeol@ukr.net*;

**Руденко Ю.Ф.<sup>2</sup>**, к. геол.-мін. н., с. н. с., *rud@hydrosafe.kiev.ua*,

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

2 – Державна установа «Науково-інженерний центр радіогідрогеоecологічних полігонних досліджень НАН України», м. Київ, Україна

Попри уявну простоту, у процесі визначення якісного стану масивів підземних вод виникає низка питань, які потребують наукового аналізу. Це стосується визначення фонових показників, що характеризують масив підземних вод у природному стані, встановлення походження підвищеного вмісту хімічних елементів і сполук і з'ясування причин його змін у часі, коригування переліку контрольованих показників тощо. Проаналізовано європейські методичні підходи до визначення якісного стану масивів підземних вод (МПЗВ) і визначено основні проблемні питання, які виникатимуть у процесі відновлення моніторингу підземних вод в Україні стосовно визначення якісного стану, а також намічені шляхи їхнього вирішення.

## TO THE ISSUE OF ASSESSING THE GROUNDWATER BODIES QUALITATIVE STATE

**Lyuta. N.<sup>1</sup>**, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), *nlyuta@ukr.net*;

**Sanina I.<sup>2</sup>**, *ekogeol@ukr.net*;

**Rudenko Yu.<sup>2</sup>**, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, *rud@hydrosafe.kiev.ua*,

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine,

2 – State Institution “Radioenvironmental Centre of National Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

Despite the apparent simplicity, in determining the qualitative state of groundwater bodies there are a number of issues that require scientific analysis. It concerns determination of background indicators characterizing the groundwater body in natural state, establishment of the origin of elevated chemical elements and compounds content and finding out the reasons for its changes over time, adjustment of the list of monitored indicators, etc. European methodical approaches to determination of qualitative state of groundwater bodies are analyzed and the main problematic issues that will arise in the restoration of groundwater monitoring in Ukraine regarding the determination of qualitative state are identified, and the ways of their solution are outlined.

Згідно з методичними документами Євросоюзу, розробленими з метою імплементації Водної Рамкової Директиви (2000/60/ЄС) та Директиви про підземні води (2006/118/ЄС), зокрема «Методологією встановлення порогових значень для підземних вод та оцінки хімічного і кількісного стану підземних вод, включаючи оцінку тенденцій забруднення та їхніх змін» [1], класифікація хімічного (якісного) стану масивів підземних вод (МПЗВ) є досить складною процедурою, яка передбачає:

- виявлення можливого збільшення мінералізації, вторгнень вод нижчої якості як наслідку водовідбору шляхом оцінки тенденцій змін мінералізації або вмісту індикаторних компонентів;
- виявлення впливу підземних вод на екологічний та хімічний стан поверхневих вод;
- виявлення впливу підземних вод на залежні від них наземні екосистеми, зокрема водно-болотні угіддя;
- визначення, чи не погіршився якісний стан води на водозаборах, що постачають питну воду, і чи не відбулося таке погіршення через причини антропогенного характеру;
- загальну оцінку хімічного стану МПЗВ, визначення площ, де фіксується перевищення нормативів якості всій території його поширення.

Очевидно, що вирішення перелічених завдань можливе лише на основі тривалих і комплексних моніторингових досліджень. Водночас в Україні за відсутності моніторингу визначення стану МПЗВ здійснюється виключно за експертними оцінками, тому не може претендувати на високий ступінь довіри.

Слід зазначити, що для МПЗВ передбачене визначення лише двох станів – доброго або поганого. Це стосується як кількісного, так і якісного стану МПЗВ. У країнах Європи в цілому нині до таких, які мають добрий кількісний стан, віднесені МПЗВ на 90% площі їхнього

поширення, а добрий якісний стан визначений для 74% МПЗВ, хоча існують значні відмінності [2].

Досвід засвідчує, що в процесі визначення того чи іншого стану МПЗВ можуть виникати і нерідко виникають проблеми методичного характеру, і насамперед це стосується визначення якості МПЗВ.

Процедура визначення кількісного стану МПЗВ зводяться перш за все до аналізу рівневого режиму, а також обсягів видобутку, їхнього зіставлення із ресурсами і запасами підземних вод, а також фіксації відсутності чи наявності явищ виснаження МПЗВ, у т.ч. впливу на поверхневі екосистеми (зміна рослинних асоціацій, пригнічення рослинності тощо). Кількісний і якісний стан підземних вод взаємообумовлений, тому їх слід оцінювати комплексно, оскільки кількісне виснаження може проявлятися у зміні якісних показників за рахунок залучення поверхневих вод (морських), вод суміжних водоносних горизонтів, або вод цільового горизонту на ділянках, де його вода має гіршу якість. У цьому разі основними індикаторами є мінералізація, хлориди, сульфати і натрій.

У процесі визначення якісного стану МПЗВ виникає чимало проблемних питань. Вони стосуються переліку компонентів хімічного складу води, які слід вивчати на певному МПЗВ, критеріальних показників, визначення тенденцій змін якості води та причин цих змін тощо.

**Перелік контрольованих компонентів** - елементів і сполук, вміст яких використовується для оцінки якості, визначений у додатку 2 до Порядку здійснення державного моніторингу вод. Він складається з фіксованого переліку макрокомпонентів, заліза та фтору; «Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод», що затверджується Мінприроди, а також мікрокомпонентів, склад яких визначається з урахуванням специфіки землекористування для кожного МПЗВ. Враховуючи, що для України найбільш характерними є дифузні джерела забруднення в межах агроландшафтів і відповідні забруднювальні речовини – добрива і засоби захисту рослин, перелік останніх є дуже широким. Як свідчить досвід участі у міжнародних проєктах з моніторингу підземних вод, проблеми визначення і узгодження переліку пестицидів у трансграничних МПЗВ є актуальними і для європейських країн. Слід зауважити, що у Державних санітарних нормах та правилах "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) зазначено, що «перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та повинен включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись в джерелі питного водопостачання», однак на практиці ця вимога практично не виконується через низку причин, зокрема велике розмаїття нових пестицидів, складність їхнього визначення, відсутність належного контролю та ін.

Незважаючи на уявну простоту, проблемним питанням є **критерії якісного стану**. Оскільки визначені у чинному «Порядку здійснення державного моніторингу природних вод» підходи до визначення масивів підземних вод по суті передбачають моніторинг лише перших від поверхні - безнапірних МПЗВ, а також напірних МПЗВ, які мають води, придатні для забезпечення питних потреб (глибокі водоносні горизонти з солоними водами не розглядаються як об'єкт моніторингу), може скластися враження, що для оцінювання якості МПЗВ достатньо порівняти фактичний вміст із нормативами ДСанПіН 2.2.4-171-10. Однак в реальності цього недостатньо. Застосування цих нормативів не дозволяє встановити тенденції змін якості води, визначити походження перевищення вмісту речовин у воді, а тому – й уточнити екологічні цілі для масивів підземних вод. Адже досягнення доброго стану МПЗВ за умови природного характеру перевищення встановлених нормативів є нереалістичним. Тому навіть для питних вод необхідно визначати природний геохімічний фон розчинених речовин. В Україні через специфічні умови формування ресурсів підземних вод це особливо актуально, оскільки речовини геогенного походження, фони яких близькі до нормативів ДСанПіН 2.2.4-171-10, створюють найбільші проблеми в процесі господарсько-питного водопостачання. До таких речовин належать сульфати, хлориди, залізо, марганець, подекуди - фтор, кремній та ін. [3]. Макрокомпоненти - сульфати і хлориди у кількості, що перевищує нормативи ДСанПіН 2.2.4-171-10, найбільш характерні для півдня України, тобто зони недостатнього зволоження, і обумовлені проявами природної гідрохімічної зональності. Залізо є найбільш проблемним елементом, з підвищеним вмістом якого пов'язані проблеми питного водопостачання на близько

половині водозаборів України. Залізо і марганець у понаднормовій концентрації найбільш властиві ґрунтовим водам і водам напірних водоносних горизонтів північної частини України. Якщо врахувати, що європейські підходи для оцінки якісного стану МПЗВ передбачають використання «порогових значень» – 75-90% від нормативів – гранично-допустимих концентрацій (ГДК), перелік таких проблемних елементів і сполук збільшиться.

У свою чергу, визначення фону для підземних вод можливе лише на основі довготривалих спостережень, що пов'язано із значною мінливістю вмісту розчинених елементів і сполук. При цьому слід мати на увазі, що розмахи варіацій вмісту суттєво різняться для макро- і мікрокомпонентів, а також для різних частин гідрогеологічного розрізу. Як свідчить досвід, у верхній частині геологічного розрізу хімічний склад підземних вод зазнає найбільш відчутних змін у часі як через антропогенні, так і через природні чинники.

За даними європейських колег, фонові характеристики можуть бути обґрунтовано встановлені за даними 6-10 річних спостережень [1]. Слід додати, що для експлуатаційних водозаборів, які залучаються до операційного моніторингу, за природний фон доцільно приймати показники, отримані за результатами детальних розвідувальних робіт.

Зважаючи, що високий вміст низки компонентів хімічного складу підземних вод може мати як природне, так і антропогенне походження, необхідно аналізувати якісний стан підземних вод у зіставленні з даними щодо якісного стану суміжних компонентів довкілля та антропогенного навантаження.

Для оцінки якості води МПЗВ, тобто досить значних за площею об'єктів, важливою характеристикою є *поширеність* негативного впливу забруднення, тобто оцінка, якою мірою виявлений локальний вплив на МПЗВ загрожує його хімічному стану в цілому. Прикладом може бути нітратне забруднення, яке в межах населених пунктів може сягати найвищих концентрацій, а поза їхніми межами перебувати на межі ГДК. При цьому колодязів поза населеними пунктами, де можна було б спостерігати природний геохімічний фон, практично немає, що не дозволяє нині достатньо об'єктивно оцінити стан МПЗВ в цілому.

Перехід якості підземних вод з одного стану в інший відбувається поступово, тому необхідно встановити *тенденцію змін*. Це, як і визначення природних геохімічних фонів, може бути суттєво ускладнене тим, що для підземних вод характерні істотні природні коливання вмісту хімічних елементів і сполук. Тому коректні висновки щодо тенденцій змін можливі лише на основі аналізу представницьких часових рядів тривалих і системних спостережень.

Крім того, результати аналізу даних по експлуатаційних водозаборах засвідчують, що тенденції змін мінералізації не завжди можна ідентифікувати однозначно. У європейських документах передбачено 3 варіанти розвитку: погіршення, стабільність, поліпшення. В реальності характер графіків набагато складніший, що обумовлює потребу комплексного наукового аналізу з урахуванням впливу всіх природних і антропогенних чинників, які обумовлюють зміни.

**Висновки.** До наукомістких питань, які виникатимуть у процесі оцінювання якісного стану підземних вод, належать: уточнення переліку контрольованих показників; визначення фонових вмісту хімічних елементів і сполук у підземних водах; визначення походження аномального вмісту елементів і сполук – природного або антропогенного; встановлення спрямованості і темпів змін якості підземних вод у часі та їхніх причин. Тому достовірна оцінка якісного стану МПЗВ можлива лише на основі даних моніторингу, забезпеченого повноцінним науковим супроводом.

#### Список використаних джерел:

1. Methodology for establishing groundwater threshold values and the assessment of chemical and quantitative status of groundwater, including an assessment of pollution trends and trend reversal. Режим доступу: <https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/freshwater--marine/Methodology-for-Groundwater-Chemical-&-Quantitative-Status-Methology,-TVs-and-Trends.pdf>
2. Report from the commission to the European Parliament on implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC). Brussels, 2019. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2019:0037:FIN:EN:PDF>
3. Стан підземних вод. Щорічник К.: Державна служба геології та надр України, ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021, 124.

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ГЕОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТОВИХ ВОД В МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОГО НАФТОГАЗОНОСНОГО РАЙОНУ

*Медвідь Г.Б., к. геол. н., halmedvid@gmail.com;*

*Кость М.В., к. геол. н., m\_kost\_2007@ukr.net;*

*Телегуз О.В., к. геогр. н., olga\_teleгуз@ukr.net;*

*Сахнюк І. І., iryna.s.2000@gmail.com;*

*Кальмук С. Д., solomiya.kalmuk@gmail.com,*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*

Виконано аналіз ґрунтових вод, відібраних в межах північно-західної частини Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району. Оцінка геохімічного складу проб проведена з використанням аналітичних, графічних та статистичних методів. Встановлено процеси, що визначають умови формування хімічного складу ґрунтових вод в межах Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району. Геохімічний склад ґрунтових вод формується під впливом наступних чинників: взаємодія вода-порода, випарне концентрування, антропогенний вплив. У більшості проб криничних вод з п'ятнадцяти відібраних містяться компоненти, які за вмістом перевищують нормативні значення. Лише 20 % проаналізованих проб відповідають санітарним нормам і придатні до споживання населенням.

## PECULIARITIES OF THE FORMATION OF THE GROUNDWATER GEOCHEMICAL COMPOSITION WITHIN THE NORTHWESTERN PART OF THE BORYS LAV-POKUTTIA OIL AND GAS BEARING AREA

*Medvid H., Cand. Sci. (Geol.), halmedvid@gmail.com;*

*Kost M., Cand. Sci. (Geol.), m\_kost\_2007@ukr.net;*

*Telehuz O., Cand. Sci. (Geogr.), olga\_teleгуз@ukr.net;*

*Sakhnyuk I., iryna.s.2000@gmail.com;*

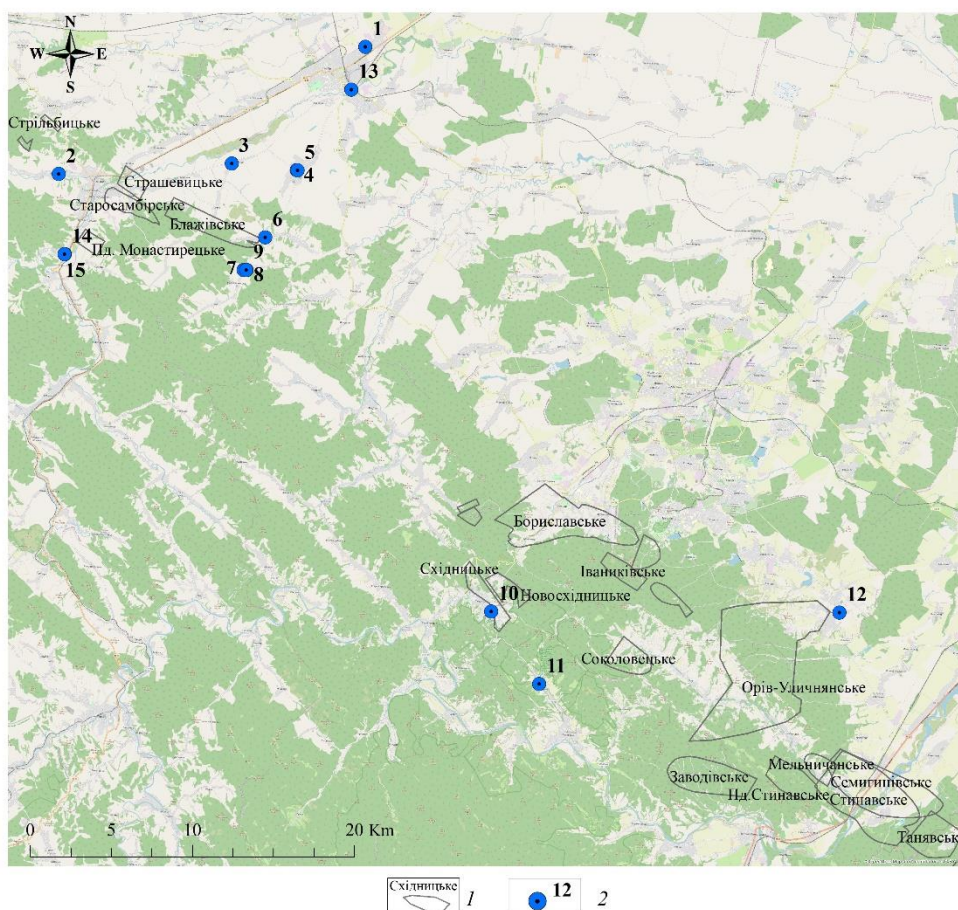
*Kalmuk S., solomiya.kalmuk@gmail.com,*

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine*

An analysis of groundwater sampled within the northwestern part of the Boryslav-Pokuttia oil-and-gas-bearing region was performed. The geochemical assessment of the groundwater samples was carried out using analytical, graphical, and statistical methods. The processes that determine the conditions for the formation of the chemical composition of groundwater within the Boryslav-Pokuttia oil-and-gas-bearing region have been established. The geochemical composition of groundwater is formed under the influence of the following factors: water-rock interaction, evaporative concentration, and anthropogenic pressure. The majority of groundwaters from the fifteen selected samples contain components that exceed the regulatory values. Only 20% of the analyzed samples meet sanitary standards and are suitable for human consumption.

**Вступ.** Ґрунтові води відіграють надзвичайно важливу роль у природних екосистемах та для життя людей. Вони є джерелом питної води для мільярдів людей по всьому світу і використовуються у сільському господарстві, промисловості та інших цілях. Формування їхнього хімічного складу відбувається під впливом різних процесів [3-7], які мають складну взаємодію та можуть впливати на якість і склад вод. Саме розуміння цих процесів допомагає встановити причини змін у хімічному складі води, виявити забруднення та розробити заходи щодо їх захисту та відновлення.

**Матеріали і методи.** У цьому дослідженні для встановлення особливостей формування геохімічного складу ґрунтових вод було відібрано 15 проб із неглибоких колодязів в межах північно-західної частини Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району протягом серпня 2021 року (рис. 1). Зразки вод проаналізовано на хімічні параметри в атестованій хіміко-аналітичній лабораторії ІГГК НАН України. Визначено такі показники: концентрацію іонів водню, мінералізацію, концентрації Натрію, Калію, Кальцію, Магнію, хлоридів, сульфатів, гідрокарбонатів, сполук амонію, нітритів, нітратів та ін. Придатність води для питних потреб оцінювали шляхом порівняння значень параметрів якості води з нормативами гранично допустимих концентрацій для води питної (ГДКп), призначеної для споживання людиною [1].



**Рис. 1. Схема відбору проб:**

1 – контур вуглеводневого покладу; 2 – точки відбору ґрунтових вод

**Результати та їхнє обговорення.** Рівень рН у зразках вод коливався від 6,02 до 7,59. Вони є переважно гідрокарбонатного кальцієвого складу, гідрокарбонатно-натрієвого типу за Суліним. Загальний вміст розчинених твердих речовин на досліджуваній території коливався від 424,8 до 5902 мг/дм<sup>3</sup>.

Аналіз даних макрокомпонентного складу ґрунтових вод показує, що в деяких колодязях спостерігаються аномально високі концентрації Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, і величини мінералізації. Зокрема, проаналізовані ґрунтові води із двох криниць с. Воля-Блажівська (точка 8, глибина 3 м; точка 9, глибина 8 м) одного домогосподарства за складом хлоридного кальцієво-натрієвого складу, хлоридно-кальцієвого типу (див. рис. 1). Вони характеризуються підвищеною мінералізацією (3,3–5,9 г/дм<sup>3</sup>), слабкокислі, з підвищеним вмістом Натрію (перевищення ГДКп у 3,96–7,33), Калію (3,41–6,81), Кальцію (2,04–2,86), хлориду (5,12–10,13), Кремнію (1,01–1,05) та значенням окиснюваності перманганатної (1,24–2,56), і відповідно до [1] є непридатними до споживання. Ймовірно, обидві криниці потрапили на водоносний горизонт солевмісних відкладів воротищенської світи нижнього неогену [2]. Тоді як вода із криниці цього ж села (точка 7, глибина 4 м), але сусіднього домогосподарства, розташованого на протилежному березі річки Волянка, за складом гідрокарбонатна кальцієва, мінералізація 0,5 г/дм<sup>3</sup>, значення окиснюваності перманганатної складає 1,1 мг О/дм<sup>3</sup>, що свідчить про її придатність до споживання.

Для кількісної оцінки зв'язку між концентраціями іонів і величиною мінералізації ґрунтових вод розраховано матрицю парних коефіцієнтів кореляції. Існує тісний лінійний позитивний взаємозв'язок між величиною мінералізації і концентраціями Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> та показником окиснюваності перманганатної, що вказує на наявність єдиного процесу збагачення ґрунтових вод цими іонами (табл. 1). Відсутній позитивний зв'язок між концентрацією іонів



$\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  та мінералізацією. Зворотній кореляційний зв'язок спостерігається між рН і мінералізацією, концентраціями  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та показником Оперм.

Таблиця 1

Кореляційна матриця компонентів хімічного складу ґрунтових вод

	М	рН	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$	Оперм
М	1,00										
рН	-0,64	1,00									
$\text{Na}^+$	<b>0,99</b>	0,64	1,00								
$\text{K}^+$	0,21	0,00	0,10	1,00							
$\text{Ca}^{2+}$	<b>0,98</b>	-	<b>0,97</b>	0,14	1,00						
$\text{Mg}^{2+}$	<b>0,96</b>	-	<b>0,92</b>	0,32	<b>0,93</b>	1,00					
$\text{Cl}^-$	<b>0,99</b>	-	<b>1,00</b>	0,10	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>	1,00				
$\text{SO}_4^{2-}$	-0,25	0,15	-0,33	0,24	-0,21	0,00	-0,34	1,00			
$\text{HCO}_3^-$	-0,09	0,03	-0,22	0,69	-0,04	0,08	-0,23	0,62	1,00		
$\text{NO}_3^-$	-0,34	0,42	-0,38	0,59	-0,44	-0,32	-0,38	0,04	0,22	1,00	
Оперм	<b>0,92</b>	-	<b>0,91</b>	0,28	<b>0,84</b>	<b>0,93</b>	<b>0,91</b>	-0,16	-0,15	-0,24	1,00

Відомо, що концентрація різних іонів в ґрунтових водах залежить від багатьох факторів, основними з яких є вивітрювання і розчинення гірських порід, випарне концентрування, атмосферні опади, а також від ступеня антропогенного впливу. Для встановлення впливу цих процесів на формування хімічного складу ґрунтових вод використано діаграми Гіббса [5], побудовані з врахуванням відносної концентрації іонів в мг-екв/дм<sup>3</sup>  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) / (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+})$  та  $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$  і мінералізації (в мг/дм<sup>3</sup>). Одержані результати представлено на рис. 2.

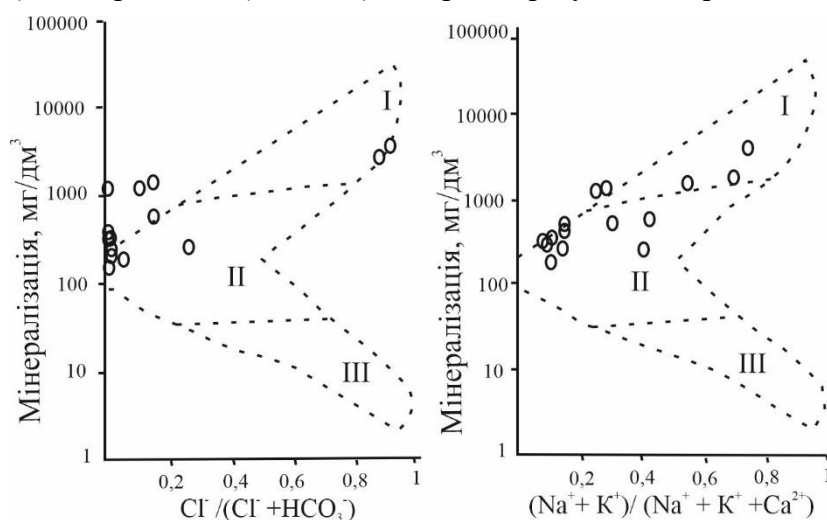


Рис. 2. Діаграми Гіббса за даними хімічного складу ґрунтових вод на території Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району:

I – домінування процесу випаровування; II – домінування взаємодії в системі порода – вода;  
III – домінування атмосферних опадів

Як видно з рис. 2, більшість досліджуваних проб згруповані в районі, де розчинення гірських порід є основним процесом, що впливає на гідрохімію ґрунтових вод. На досліджуваній території ґрунтові води залягають близько до денної поверхні, тому, ймовірно, тут можливим є і процес випарного концентрування. Точки, що потрапили за межі трьох зон (див. рис. 2), ймовірно, свідчать про вплив техногенних факторів на хімічний склад ґрунтових вод.

Кількості Натрію і Хлору коливалися у досліджуваних водах в межах 3,04-1466,7 та 4,86-3545,3 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. На рис. 3 показано залежність Натрію від Хлору в мг-екв/дм<sup>3</sup>, за винятком 2-ох проб, у яких виявлені підвищені їх вмісти. Ймовірно підвищені концентрації даних іонів в ґрунтових водах зумовлені розчиненням галіту. Про вплив природних чинників на збагачення ґрунтових вод іонами Cl<sup>-</sup> і Na<sup>+</sup> вказує також позитивна кореляція між вмістом цих іонів (див. табл. 1).

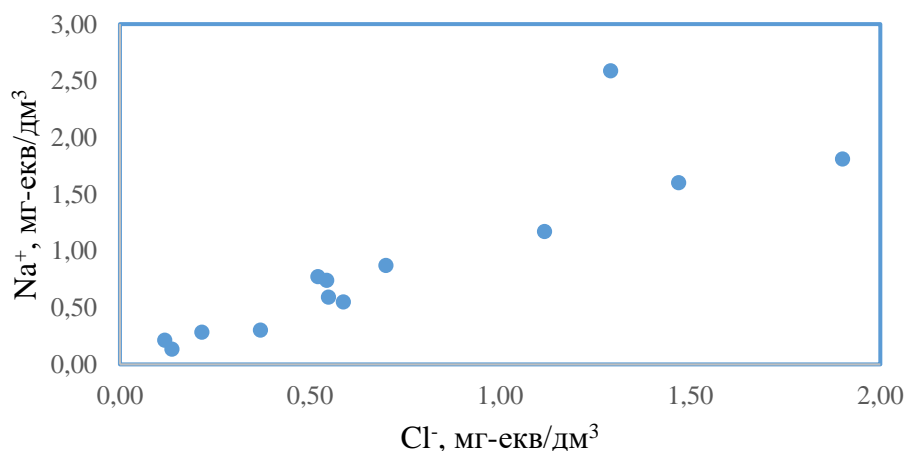


Рис. 3. Залежність вмісту Na<sup>+</sup> від вмісту Cl<sup>-</sup>, в мг-екв/дм<sup>3</sup>

Для вивчення впливу процесів вивітрювання мінералів на хімічний склад ґрунтових вод використовували графік співвідношення (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) і (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>) в мг-екв/дм<sup>3</sup>. У наших дослідженнях (рис. 4), більшість точок розташовані зліва, і вказують на більш високі значення (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), ніж (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>), що може мати місце, наприклад, при вивітрюванні силікатних мінералів, і очевидно, вказує на домінування процесів іонного (катіонного) обміну в досліджуваному водоносному комплексі. Водночас, деякі точки, що лежать нижче справа (див. рис. 4), вказують на наявність процесів розчинення карбонатних мінералів, які є джерелом Ca<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup>.

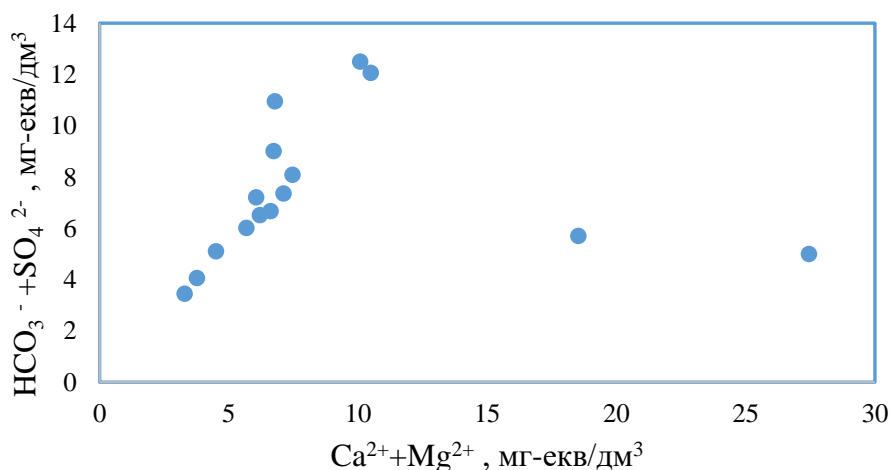


Рис. 4. Залежність вмісту (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) від вмісту (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>), в мг-екв/дм<sup>3</sup>

**Висновки.** Встановлено, що основними чинниками формування хімічного складу ґрунтових вод в межах Бориславсько-Покутського нафтогазоносного району виступають взаємодія вода-порода, випарне концентрування, антропогенний вплив. Встановлено, що більшість криничних вод з п'ятнадцяти відібраних проб містять компоненти, які за вмістом перевищують нормативні значення, і тільки води з криниць в селах Урич, Воля-Блажівська та Блажів відповідають санітарним нормам, що становить лише 20 % проаналізованих проб.

### Список використаних джерел:

1. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. ДСанПіН 2.2.4-171-10 / Наказ МОЗ України № 400 від 12.05.2010 р. – К., 2010. – 48 с.
2. Павлюк В. Вплив геологічних факторів на екзогенні процеси міоценових соленосних відкладів Українського Передкарпаття // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – 2 (151). – С. 89–104. [http://iggcm.org.ua/wp-content/uploads/2015/10/Intern\\_ukr\\_10\\_2.pdf](http://iggcm.org.ua/wp-content/uploads/2015/10/Intern_ukr_10_2.pdf)
3. Aghazadeh, N., Chitsazan, M. & Golestan, Y. Hydrochemistry and quality assessment of groundwater in the Ardabil area, Iran // Appl Water Sci. – 2017. – 7. – P. 3599–3616. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0498-9>
4. El-Wahed, M. A., El-Horiny, M. M., Ashmawy, M. and El-Kereem S. A. Multivariate statistical analysis and structural sovereignty for geochemical assessment and groundwater Prevalence in Bahariya Oasis, Western Desert, Egypt // Sustainability. – 2022. – 14(12). – 6962. <https://doi.org/10.3390/su14126962>
5. Gibbs, R. J. Mechanisms controlling world water chemistry // Science. – 1970. – 170(3962). – P. 1088–1090. <http://www.jstor.org/stable/1730827?origin=JSTOR-pdf>
6. Li, X., Wu, H., Qian, H. and Gao, Y. Groundwater chemistry regulated by hydrochemical processes and geological structures: A case study in Tongchuan, China // Water. – 2018. – 10(3). – 338. <https://doi.org/10.3390/w10030338>
7. Xiao, Y., Gu, X., Yin, S., Pan, X., Shao, J. and Cui, Y. Investigation of geochemical characteristics and controlling processes of groundwater in a typical long-term reclaimed water use area // Water. – 2017. – 9(10). – 800. <https://doi.org/10.3390/w9100800>

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА РОЗМЕЖУВАННЯ МАСИВІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД СХІДНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

**Жикаляк М.В.**, д. екон. н., к. геол. н., *dongeo@ukr.net*, **Маринченко М.Є.**,  
ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут–м. Київ, Україна

Розглянуто основні проблеми забезпечення водогосподарських потреб східних регіонів України у зв'язку із монополістичним використанням поверхневих джерел, упередженим пониженням басейнового статусу р. Сіверський Донець до суббасейну р. Дон і зменшенням потреб промисловості у воді з 80-85% до 15-20% в умовах воєнного стану. Обґрунтовано геолого-географічне розмежування річкових басейнів р. Дніпро, р. Сіверський Донець і річок Приазов'я з визначенням основних кількісних і якісних змін масивів підземних вод.

## IDENTIFICATION AND DELIMITATION OF GROUNDWATER BODIES OF THE EASTERN REGIONS OF UKRAINE

**Zhikalyak M.**, Dr. Sci.(Econ.), Cand. Sci. (Geol.), *dongeo@ukr.net*, **Marynchenko M.**,  
DRGP «Donetsk Geology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine

The main problems of ensuring the water management needs of the eastern regions of Ukraine in connection with the monopolistic use of surface sources, biased by lowering the basin status of the Siverskyi Donets River to the sub-basin of the Don River and reducing the water needs of industry from 80-85% to 15-20% in conditions The geological and geographical demarcation of the river basins of the Dnipro River, the Siverskyi Donets River and the rivers of the Azov region and the determination of the main quantitative and qualitative changes in groundwater bodies are substantiated.

**Вступ.** Класик вітчизняної науки академік В.І. Вернадський у своїх наукових працях про ноосферу неодноразово підкреслював, що вода на нашій планеті – один із мінералів, який за своїм розповсюдженням (і використанням) не має собі рівного, формує одну із земних геосфер-гідросферу та визначає всю хімію земної кори.

Значні регіональні та зональні зміни еколого-гідрогеологічних умов східних регіонів України у зв'язку із тривалою збройною агресією російської федерації проти України, підривом російськими окупантами греблі Каховського водосховища, інтенсивним бомбардуванням і щільними обстрілами мінами, снарядами і РСЗВ зон живлення розвантаження та використання поверхневих і підземних вод, обумовили кризові проблеми у забезпечення водогосподарських потреб територіальних громад Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Луганської, Харківської та Херсонської областей.

Така ситуація обумовлена не тільки обставинами непоборної сили в умовах воєнного стану, але й системними помилками чи упередженою або скритою шкодою корупційно-рентоорієнтованих чиновників сфери екології та природних ресурсів.

Перш за все, необхідно відмітити ліквідацію після розпаду Радянського Союзу загальнодержавної програми «ВОДА-5» – використання підземних вод із захищених водоносних горизонтів на випадок ядерної загрози, припинення протягом останніх 10 років фінансування галузевої програми «Буріння артезіанських свердловин у засушливих районах України», монополізація природоохоронної галузі з надмірним неконтрольованим фінансуванням Агентства водних ресурсів та ігноруванням запасів підземних вод і перспектив їх нарощування аж до повної ліквідації напряду, поверхнєве незбалансоване виконання загальнодержавного і регіонального (обласних) моніторингу довкілля без створення оптимальної мережі щодо підземних вод, припинення екологічних досліджень стану підземних вод у водозаборах загальнодержавного значення, не зважаючи на відмічені вище ризики та обставини.

Саме тому надзвичайно важливої актуальності набуває характеристика геолого-географічних особливостей розмежування річкових басейнів і суббасейнів східних регіонів України та встановлення в їх межах трендових змін кількісного та якісного стану підземних вод.

**Геолого-географічна характеристика річкових басейнів.** Східні регіони України представлені річковими басейнами р. Дніпро, р. Сіверський Донець та річок Приазов'я. Основними регіональними геоструктурами даної території з півночі на південь та із заходу на схід є:

- моноклінальний схил Східно-Європейської платформи,

- борт Дніпровського-Донецького прогину,
- Дніпровського-Донецька западина (ДДЗ),
- Донецький вугільний басейн (Донбас),
- Український кристалічний щит (УКЩ),
- Приазовський кристалічний масив (ПКМ),
- Північноазовська западина.

Центральна антиклінальна зона, яка обмежена з північного сходу Осьовим насувом, а з південного заходу південним, достовірно простежується на домезозойській поверхні як в межах Донбасу, так і в Дніпровсько-Донецькій Западині (ДДЗ).

Характерною особливістю будови Українського кристалічного щита є формування єдиного з Приазовським кристалічним масивом протяжного Дніпровсько-Таганрозького антиклінорію, а унікальний Південно-Донбаський грабен розділяє тільки Донбас і Приазовський кристалічний масив.

Основними тектонічними порушеннями в межах усіх трьох річкових басейнів є насуви і скиди субширотно-північно-західного простягання, однак, скиди широко розвинуті тільки в прибортових частинах Дніпровсько-Донецького прогину та в межах УКЩ. З півночі на південь вони представлені:

- Старобільським (Грухівським у ДДЗ) підкидом,
- Новоайдарським (Білопільським у ДДЗ) скидом,
- Краснопільським (Тростянецьким у ДДЗ) скидом,
- Сіверськодонецьким насувом,
- Кременським (Охтирським у ДДЗ) насувом,
- Шебелинським скидом,
- Мар'євським і Святогірським насувами (тільки в Донбасі та перехідній зоні в ДДЗ),
- Алмазним, Мушкетовським і Персіяновсько-Котлинським насувами в Донбасі,
- Красноградським насувом у ДДЗ,
- Перещепинським і Михайлівським насувами у Західному Донбасі та ДДЗ,
- Павлоградським скидом (там же),
- Новомосковським (Мокроялинським), Гуляйпільським і Токмацьким скидами в межах УКЩ.

Зона діагональних спарованих Криворізько-Павлівського скиду і Волноваського підкиду простежується в південно-східному напрямку від верхів'я Краснопавлівського водосховища до м. Новоазовськ на узбережжі Азовського моря.

Проявлення у Донецькому басейні та ДДЗ альпійського тектогенезу в результаті значного стискання Східно-Європейської платформи з півдня і південного сходу за рахунок деформацій та кінетичних переміщень величезної маси гірських порід (субплит і мега-блоків) у Ірансько-Кавказькому колізійному поясі обумовив формування в Дніпровсько-Донецькому прогині зон стискання та розтягу із розвитком тектонічних порушень (підкидів і скидів) північно-східного простягання. На докайнозойській поверхні з північного заходу на південний схід вони представлені:

- Ніжинським скидом,
- Конотопським, Миргородським і Полтавським підкидами,
- Богодухівським, Харківським і Голубівським скидами,
- Балаклійським підкидом,
- Лозівським і Самарсько-Оскільським скидами,
- Добропільським підкидом,
- Ямпільським (Оріхівським в УКЩ) скидом,
- Бахмутським, Дебальцевським і Луганським підкидами,
- Амвросійським, Маріупольсько-Ровенківським і Новошахтинським скидами.

Значний вплив альпійських тектонічних порушень на неотектонічну активізацію та рел'єфоутворення територій східніше м. Донецьк підтверджується зміщенням вододілу між річковими басейнами р. Сіверський Донець та річок Приазов'я в північному напрямку на 50-70



км від переважаючого його простягання на захід і схід від Дебальцевсько-Новошахтинської тектонічної зони північно-східного простягання. Тому головний вододіл Донбасу в межах Донецької та Луганської областей простягається по лінії Розівка-Волноваха-Донецьк-Макіївка-Горлівка-Вугледар-Дебальцеве-Фащівка-Петровське-Кам'яне-Ровеньки до меридіану м. Довжанськ (колишнє м. Свердловськ), потім у південно-західному напрямку до державного кордону на межі Донецької та Луганської областей, а далі на території російської федерації у південно-східному напрямку в 12-15 км на північ від м. Ростов-на-Дону. При цьому необхідно відмітити, що на периферії міст Донець-Макіївка-Ясинувата сходяться усі три басейнові вододіли східної України: басейну р. Дніпро, басейну р. Сіверський Донець і басейну річок Приазов'я, що обумовлено особливостями геолого-тектонічної будови Донбасу та впливом альпійського і неотектонічного тектогенезу.

Розмежування річкових басейнів р. Дніпро, р. Дон і р. Сіверський Донець знаходяться на території російської федерації в 50км на схід в 60км на північний захід від м. Губкін та приурочене до Середньоруської височини.

**Виділення річкових суббасейнів і обґрунтування їх меж.** Найбільша кількість (14) суббасейнів за геолого-географічними, геоморфологічними, гідрологічними і гідрогеологічними ознаками виділена в межах річкового басейну р. Сіверський Донець. Зокрема лівобережжя річкового басейну представлене протяжним субмеридіальним суббасейном р. Оскіл, Вовчансько-Бурлуцьким і Балаклійським суббасейнами та суббасейнами річок Красна, Айдар і Деркул. На правобережжі річкового басейну р. Сіверський Донець виділені Лопань-Мозький (Харківський) суббасейн, суббасейн р. Берека, Торецький, Бахмутський, Луганський, Кам'янський і Кундрючно-Тузовський (переважно на території Ростовської області рф) суббасейни. Вододільний (Белгородський) суббасейн представляє як правий, так і лівий схил р. Сіверський Донець і знаходиться за межами України.

Стаціонарні гідрологічні спостереження за рівнем і розходженням води у р. Сіверський Донець та Оскіл починаються з 1889 року, а дослідження гідрогеології Сіверськодонецького річкового басейну проводилися у 1860-1908 роках і проводяться з 1923 року по теперішній час, у тому числі, шахтних вод з 1935 року. За даними палеогеографічних досліджень минулих років Північно-Донбаська палеоріка є найбільшою викопною річкою Дніпровсько-Донецького прогину, руслова долина якої достовірно виділена в процесі комплексних літолого-фаціальних досліджень тріасових (Палео-Донець), неогенових і четвертинних (Пра-Донець) відкладів як невід'ємна привододільна складова палеобасейну р. Дніпро у межах Дніпровсько-Донецького прогину (Донбасу і ДДЗ). Саме за назвою р. Сіверський Донець з ініціативи вченого-слобожанина Є.П. Ковалевського Донецький вугільний басейн (Донбас) у 1829 році отримав свою назву, оскільки р. Сіверський Донець приймає у своє лоно-русло усі притоки із басейнової водозбірної площі, промиває та збагачує тріщинно-карстові підземні води на лівобережжі і суттєво покращує водний баланс відкритого та напівзакритого Донбасу [1,2].

Аналіз геолого-тектонічних, геоморфологічних, гідрологічних, гідрогеологічних особливостей Сіверськодонецького річкового басейну, показав що основними об'єктами їх матеріальних змін є суббасейни та масиви поверхневих і підземних вод у їх межах. Тому збалансоване водокористування та поетапне вирішення екологічних проблем Донбасу можливі тільки за умов організації регіонального та зонального моніторингу поверхневих і підземних вод у межах усіх суббасейнів на лівобережжі та правобережжі р. Сіверський Донець із здійсненням рівноважного моделювання у часі та просторі [3].

На лівобережжі басейну р. Дніпро в межах дослідженої території виділено 7 суббасейнів, які із північного заходу на південний схід представлені суббасейнами річок Сейм, Псел, Ворскла, Орілька, Самара та Кінська, а також Низовинним-перехідним між суббасейнами річок Приазов'я. найбільш важливе для водогосподарського комплексу східних регіонів України мають суббасейни річок Орілька і Самара.

Суббасейн р. Орілька межує зі сходу з суббасейном р. Берека річкового басейну р. Сіверський Донець. Їх також об'єднує приуроченість до південно-східної частини ДДЗ та єдиний водогосподарський комплекс у забезпеченні питною водою м. Харків і регулюваннях

кількісного та якісного стану поверхневих вод у р. Сіверський Донець.

Суббасейн р. Самара розташований на території Дніпропетровської, Донецької та Запорізької областей, а його східна межа досягає західної околиці м. Донецьк. Основними геоструктурними елементами суббасейну р. Самара є Західний та Південно-Західний Донбас і Український кристалічний щит.

Суббасейни річок Приазов'я із заходу на схід вздовж північного узбережжя Азовського моря представлені наступними суббасейнами: Низовинно-Лиманним суббасейном, суббасейном р. Молочна, Причорноморсько-Бердянським суббасейном, суббасейном р. Кальміус, Яланчиським суббасейном, Ростовським суббасейном на території російської федерації. Основним геоструктурним елементом західних суббасейнів є Північноазовська западина, центральних-Український кристалічний щит, а східних-Донбас і Приазовський та Ростовський кристалічні масиви.

Дельта р. Дон і р. Сіверський Донець приурочені до Приазовської низовини, оскільки вододіл басейну річок Приазов'я знаходиться тут в 12-15 км на північ від м. Ростов-на-Дону.

**Закономірності розповсюдження та особливості хімічного складу масивів підземних вод.** За результатами складання в 1961-1972 роках гідрогеологічних і гідрогеохімічних карт Донбасу та південно-східної частини ДДЗ було встановлено, що живлення підземних вод річкового басейну р. Сіверський Донець та прилеглих суббасейнів на лівобережжі р. Дніпро здійснюється за рахунок інфільтрації та фільтрації дощових вод, таяння снігу, конденсації водяних парів і плівкового переміщення вологи із суттєвим впливом розвантаження підземних вод у зонах тектонічних порушень та солянокупольних структур. Систематизація 45 тисяч хімічних аналізів дозволила встановити тісний взаємозв'язок умов формування підземних вод і їх хімічного складу з геолого-структурними, літологічними, тектонічними, гідродинамічними та фізико-хімічними чинниками, проявленими завдяки процесам видообміну, гідрогеологічній розкритості або напівзакритості суббасейнів, складу водовміщуючих порід та катіонному обміну [1,2].

Масиви підземних вод у палеогенових піщано-глинистих відкладах представлені прісними гідрокарбонатними, рідше, сульфат-гідрокарбонатними водами з мінералізацією від 0,3-0,8 г/дм<sup>3</sup> до 1,5-2 г/дм<sup>3</sup> та її підвищення на вододілах до 3,5-6 г/дм<sup>3</sup> переважно сульфатного, гідрокарбонатно-сульфатного, сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієвого та хлоридно-сульфатного складу. Підземні води тріщинуватої мергельно-крейдової товщі верхньої крейди широко представлені на лівобережжі р. Сіверський Донець в прилеглих суббасейнах басейну р. Дніпро та в усіх напівзакритих суббасейнах правобережжя р. Сіверський Донець. Характеризується значними запасами підземних вод, переважно питної якості (0,8-1,5 г/дм<sup>3</sup>) зі стабільними дебітами експлуатаційних водозаборів, рідше, сульфатно-гідрокарбонатних вод з мінералізацією від 0,3-0,8 г/дм<sup>3</sup> до 1,2-1,5 г/дм<sup>3</sup>. Водоносний комплекс (масив) верхнього тріасу представлений прісними і слабо солоними підземними водами від 0,8 г/дм<sup>3</sup> до 1,5-3 г/дм<sup>3</sup> підземними водами із прямопропорційним збільшення мінералізації з глибиною. Для новорайської світи верхнього тріасу характерно локалізація високоякісних підземних вод з мінералізацією 0,1-0,8 г/дм<sup>3</sup>.

Масиви підземних вод хомогенних відкладів нижньої пермі формують малі (локальні) артезіанські басейни із своїми областями живлення, транзиту та розвантаження підземних вод сульфатно-хлоридного і хлоридного складу з мінералізацією від 2-10 г/дм<sup>3</sup> до 20-312 г/дм<sup>3</sup> [1,2]. Водоносний комплекс пісковиків і приповерхневої тріщинуватої зони (150-200 м) поліфазціальних відкладів карбону представлений переважно прісними та слабо мінералізованими підземними водами гідрокарбонатно-кальцієвого (на заході) та гідрокарбонатно-сульфатно-натрієво-кальцієвого і сульфатно-натрієво-кальцієвого складу (на сході-південного сході) з мінералізацією від 1,5-2,2 г/дм<sup>3</sup> до 3,5-5 г/дм<sup>3</sup> на глибинах 650-800 м і в подальшому збільшується на 0,25-0,6 г/дм<sup>3</sup> пропорційно збільшенню глибини на 100 м. масиви підземних вод кам'яновугільних відкладів суббасейнів р. Орілька і р. Самара характеризується низькою водопровідністю і тільки у приповерхневій зоні розвитку турнейських вапняків вона збільшується з 5м<sup>2</sup> до 455м<sup>2</sup>/добу з переважаючою мінералізацією 1,5-1,8 г/дм<sup>3</sup> хлоридно-

сульфатно-натрієвих вод.

Для масивів підземних вод закритих суббасейнів р. Сіверський Донець та прилеглих суббасейнів р. Дніпро характерна наявність природних гідрохімічних аномалій бору, бром, йоду і стронцію на ділянках розвантаження підземних вод та миш'яку і ртуті на солянокупольних структурах і в зонах тектонічних порушень. Значні зміни гідродинамічних умов та погіршення якості підземних вод відкритих і напівзакритих суббасейнів р. Сіверський Донець обумовлені забрудненням важкими металами, хімічними сполуками і промислово-побутовими відходами Горлівсько-Єнакієвської, Донецько-Макіївської, Алчевсько-Луганської, Слов'янсько-Костянтинівської та Рубіжансько-Лисичансько-Сєверодонецької промислових агломерацій. Крім того, зараз затопленими на дві третини об'єму гірничого масиву є понад 50 шахтних полів Донбасу.

У межах басейну річок Приазов'я в системі Держгеонадр України визначено 4 групи безнапірних і 11 груп напірних масивів підземних вод. Масиви безнапірних підземних вод у водоносних горизонтах алювіальних, еолово-елювіальних і лиманно-морських відкладів, які використовуються для забезпечення водогосподарських потреб територіальних громад, незважаючи на підвищену мінералізацію та забруднення нітратами і сполуками азоту,  $\text{SO}_4$  і хлору.

Масиви напірних підземних вод представлені водоносними горизонтами теригенних відкладів пліоцену, теригенних відкладів пліоцену, теригенно-карбонатних міоцену, теригенних палеоцену та еоцену, теригенних верхньої та нижньої крейди, піщано-сланцевої товщі середнього і нижнього карбону, доломіто-вапнякової товщі (турон) нижнього карбону та підземними водами зони підвищеної тріщинуватості докембрійських кристалічних порід. Якісний склад більшості масивів вод недостатньо вивчений або не визначений, водоносні горизонти у палеоценових і еоценових відкладах характеризуються підвищеною мінералізацією та наявністю сполук  $\text{SO}_4$  і хлору. Підземні води теригенних відкладів верхньої крейди місцями містять підвищені концентрації заліза. Крім того, значний техногенний вплив на поверхневі та підземні води центральних і східних суббасейнів річок Приазов'я обумовлені великою кількістю гірничо-видобувних, металургійних і коксохімічних підприємств, наявністю об'ємних відстійників промстоків, золівдвалів, шлаковідстійників, хвостосховищ, кар'єрів і полігонів побутових відходів.

Крім того, суббасейни річкових басейнів р. Сіверський Донець і річок Приазов'я зазнають значного техногенного впливу від масштабних руйнувань міст і сіл в зонах бойових дій та попадання продуктів розпаду від вибухів бомб, ракет, снарядів і мін у поверхневі та підземні води.

**Висновок.** Геолого-географічне обґрунтування меж річкових басейнів і суббасейнів східних регіонів України та відновлення басейнового статусу р. Сіверський Донець дозволить запровадити інтегральні принципи районування та управління водними ресурсами східної України у відповідності з Директивами Європейського Союзу і організувати ефективну систему діагностичного моніторингу підземних вод з метою поетапного вирішення основних екологічних проблем промислових агломерацій східних регіонів України.

#### **Список використаних джерел:**

1. Застежко Ю.С. Характерные черты химического состава подземных вод юго-восточной части Днепровского-Донецкой впадины/Тр.Укр.научн-иссл.ин-та природных газов. – Вип.4,1972. – С.-250-259.
2. Суярко А.В., Иванов З.К., Овчаренко Т.Ф. Гидрогеологическая карта украинской части Большого Донбаса масштаба 1:500 000: объяснительная записка //Редактор И.П.Саляков. – Артемовск, 1958. – 112с.
3. Zhykalyak M.V. Feature oh formation of groundwater masses oh the Siverskiy Donets river basin/monograph: Energy – and rematerial base jf mining regions/ - Petrosani.Romania: Universitas Pablishing. – 2021/ – С. 328-343.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА ЦІННОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ХЛОРИДНИХ НАТРІЄВИХ ВОД ПРИ ЇХ ЗОВНІШНЬОМУ ЗАСТОСУВАННІ**

**Бабов К.Д.**, д. мед.н., професор, *mrik@kurort.odessa.net*,

**Погребний А.Л.**, *pgrb@ukr.net*,

**Цуркан О.І.**, к. геогр. н, с. н. с, *otsurkan75@gmail.com*,

**Гуща С.Г.**, к. мед. н., с. н. с., *gushchasergey11@gmail.com*,

**Ярошенко Н.О.**, наук. співробітник, *fiziol\_29@meta.ua*,

*ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології*

*МОЗ України», Одеса, Україна*

Мінеральні хлоридні натрієві води серед інших бальнеологічних груп мінеральних мають найбільше розповсюдження на території України і найбільш впроваджені у лікувальну практику різними санаторно-курортними установами. Зазвичай хлоридні натрієві води різної мінералізації та вмісту специфічних біологічно активних компонентів та сполук використовуються при зовнішньому застосуванні при захворюваннях центральної та периферичної нервової системи, опорно-рухового апарату, серцево-судинних захворюваннях, захворюваннях шкіри, гінекологічних тощо.

Експериментальними дослідженнями на тваринах, які проводяться ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» на етапі доклінічних досліджень встановлено, що зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод залежно від загальної мінералізації та вмісту специфічних компонентів чинить вплив на внутрішні органи, зокрема шлунок, печінку, нирки, що надає можливість їх диференційованого застосування у комплексному лікуванні хворих.

## **IMPROVEMENT OF THE MEDICAL AND BIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY AND VALUE OF SODIUM CHLORIDE MINERAL WATERS FOR THEIR EXTERNAL APPLICATION**

**Babov K.**, *Dr.Sci.(Med), Prof., mrik@kurort.odessa.net*,

**Pogrebny A.**, *pgrb @ ukr.net*,

**Tsurkan O.**, *Cand. Sci. (Geogr.), Senior researcher, otsurkan75@gmail.com*,

**Gushcha S.**, *Cand. Sci. (Med.), Senior researcher, gushchasergey11@gmail.com*,

**Yaroshenko N.**, *Researcher, fiziol\_29@meta.ua*,

*SI «Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Resort Therapy*

*Ministry of Health of Ukraine», Odessa, Ukraine*

Sodium chloride mineral waters, among other balneological groups of mineral waters, are the most widespread in the territory of Ukraine and are the most widely used in medical practice by various sanatorium-resort institutions. Usually, sodium chloride waters of different mineralization and content of specific biologically active components and compounds are used externally for diseases of the central and peripheral nervous system, musculoskeletal system, cardiovascular diseases, skin diseases, gynecological diseases, etc.

Experimental studies on animals conducted by the State University "Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Spa Treatment of the Ministry of Health of Ukraine" at the stage of preclinical studies established that the external use of sodium chloride waters, depending on the general mineralization and the content of specific components, has an effect on internal organs, in particular the stomach, liver, kidneys, which makes it possible to use them differently in the complex treatment of patients.

Серед різноманітних груп мінеральних вод найбільш поширеними є хлоридні натрієві. На території України води даного типу визначаються у межах майже всіх геологічних структур. Як правило, найбільші експлуатаційні запаси підземних хлоридних натрієвих вод залягають в структурах прогину земної кори, з якими пов'язані артезіанські басейни з витриманими по площі водоносними горизонтами. На території України до таких відносяться Причорноморська та Дніпровсько–Донецька западини, Закарпатський та Предкарпатський прогини.

В межах зазначених геологічних структур водоносні горизонти, що містять хлоридні натрієві води, можуть розвантажуватися у вигляді природних джерел або залягати на глибинах до 1300 м і більше. При цьому для даних структур характерним є збільшення загальної мінералізації вод з глибиною та одночасно зростання вмісту таких специфічних біологічно

активних компонентів як йод, бром. З глибиною залягання води набирають температуру та стають слабкотермальні або термальні.

Прояви мінеральних хлоридних натрієвих вод з різною мінералізацією та вмістом специфічних біологічно активних компонентів та сполук, щодо яких визначалась їх біологічна активність на підставі сучасних методів досліджень, представлено на рис. 1.



**Рис. 1. Ділянки родовищ та водопроявів мінеральних хлоридних натрієвих вод**

Води характеризуються широким спектром загальної мінералізації – від 5 до 260 g/l, в тих чи інших концентраціях як правило містять практично весь спектр біологічно активних компонентів та сполук – йод, бром, метакремнієву кислоту, ортоборну кислоту, діоксид вуглецю (табл. 1). Тобто, оцінку біологічної дії хлоридних натрієвих при їх зовнішньому застосуванні здійснено щодо вод з мінералізацією від 5 до 260 g/l та вмістом йоду – від 0,1 до 28 mg/l, бромну – від 2 до 360 mg/l, метакремнієвої кислоти – від 10 до 160 mg/l, ортоборної кислоти – від 5 до 140 mg/l, діоксиду вуглецю – від 10-20 до 800 mg/l (табл. 1).

Характер біологічної дії хлоридних натрієвих вод встановлювався при їх курсовому зовнішньому застосуванні в експерименті на інтактних лабораторних тваринах з використанням фізіологічних, біохімічних, імунологічних та морфологічних методів досліджень. Визначали функцію сечовивідної системи, стан центральної та вегетативної нервової системи, метаболічну функції печінки, відповідь організму з боку периферійної крові та імунної системи, структурно-функціональний стан органів-цілей (серце, шлунок, печінка, нирки) здорових щурів.

В ході проведених експериментальних досліджень на інтактних тваринах встановлено, що зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод різних сольових концентрацій та вмісту специфічних біологічно активних компонентів викликає наступні реакції:

- у всіх випадках чинить вплив на показники функціонального стану ЦНС (рухову активність, орієнтувально-дослідницьку поведінку, емоційну активність). Цей вплив досить різноспрямований і різний за ступенем інтенсивності залежно від загальної мінералізації вод та вмісту специфічних біологічно активних компонентів;

- також у всіх випадках спостерігається вплив хлоридних натрієвих вод на функціональний стан нирок, що проявляється у змінах величини добового діурезу, що обумовлено збільшенням або зменшенням швидкості клубочкової фільтрації та відсотку каналцевої реабсорбції;



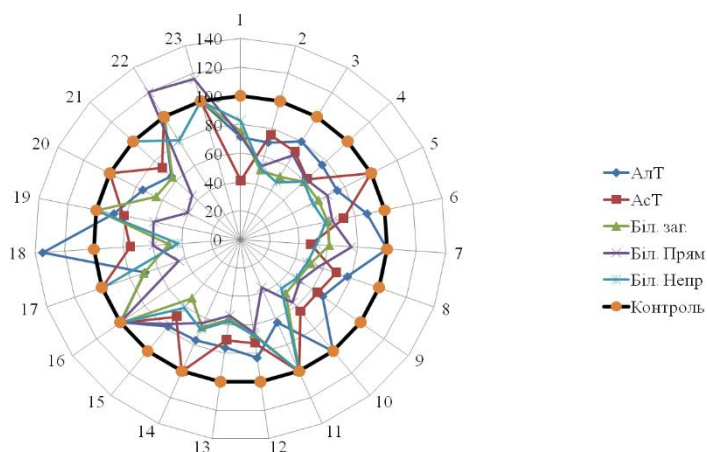
Таблиця 1

## Основний фізико-хімічний склад мінеральних хлоридних натрієвих вод

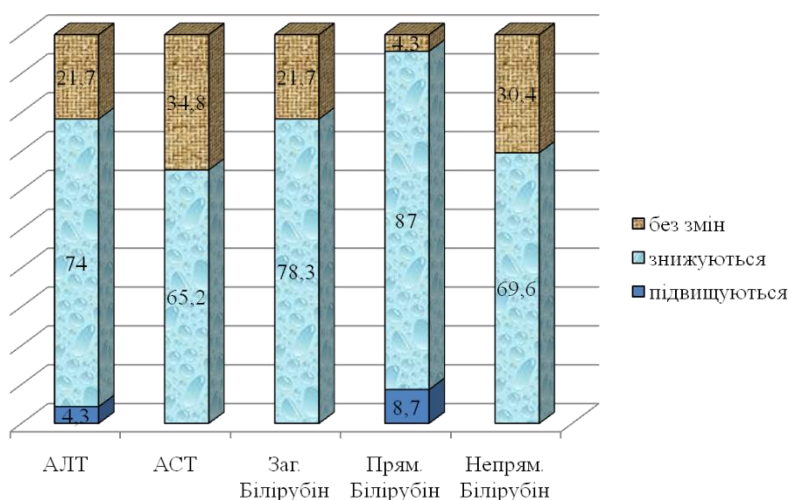
Но- мер на мапі	Місце- розташування (область, ділянка)	Міне- рالی- зація g/l	Формула хімічного складу води	Специфічні компоненти та сполуки, mg/l					Т, °C
				J	Br	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	
1	м. Одеса	4,8	$\frac{\text{Cl } 85 \text{ HCO}_3 10}{(\text{Na}+\text{K}) 87 \text{ Mg } 8}$	0,3	7,3	54,0	15,9	0,1	12-16
2	м. Одеса	5,56	$\frac{\text{Cl } 88 \text{ HCO}_3 8}{(\text{Na}+\text{K}) 86 \text{ Mg } 9}$	0,1	4,9	78,6	22,7	162,8	12-16
3	Чернівецька, с. Сергії	8,2	$\frac{\text{Cl } 89 \text{ HCO}_3 10}{(\text{Na}+\text{K}) 93 \text{ Ca } 5}$	0,3	4,6	11,5	58,9	178,1	10-12
4	Закарпатська, с. Гут	7,0	$\frac{\text{Cl } 95 \text{ HCO}_3 5}{(\text{Na}+\text{K}) 92 \text{ Ca } 5}$	1,7	8,6	161,2	58,9	125,7	35-40
5	Закарпатська, с. Косино	8,8	$\frac{\text{Cl } 84 \text{ HCO}_3 13}{(\text{Na}+\text{K}) 95 \text{ Ca } 3}$	0,4	3,5	34,3	111,8	281,1	35-40
6	Закарпатська, с. Косино	9,6	$\frac{\text{Cl } 82 \text{ HCO}_3 16}{(\text{Na}+\text{K}) 95 \text{ Ca } 41}$	0,5	0,5	31,2	116,7	260,0	40-50
7	Закарпатська, с. В.Паладь	9,7	$\frac{\text{Cl } 90 \text{ HCO}_3 10}{(\text{Na}+\text{K}) 96 \text{ Ca } 2}$	4,2	15,0	36,5	100,0	139,0	45-55
8	Закарпатська м. Берегове	8,6	$\frac{\text{Cl } 77 \text{ HCO}_3 15}{(\text{Na}+\text{K}) 94 \text{ Ca } 5}$	0,6	7,4	39,5	139,3	691,4	50-55
9	Закарпатська м. Берегове	10,3	$\frac{\text{Cl } 76 \text{ HCO}_3 15}{(\text{Na}+\text{K}) 94 \text{ Ca } 5}$	0,5	5,6	36,7	130,0	770,0	50-55
10	Закарпатська м. Берегове	12,1	$\frac{\text{Cl } 78 \text{ HCO}_3 13}{(\text{Na}+\text{K}) 94 \text{ Ca } 4}$	0,3	2,3	43,8	125,0	678,0	50-65
11	Запорізька, м. Бердянськ	13,4	$\frac{\text{Cl } 97 \text{ HCO}_3 3}{(\text{Na}+\text{K}) 89 \text{ Mg } 5}$	1,9	23,0	20,9	46,5	26,4	14-18
12	Дніпропетровська с. Новотроїцьке	14,0	$\frac{\text{Cl } 96 \text{ HCO}_3 2}{(\text{Na}+\text{K}) 84 \text{ Ca } 10}$	0,5	18,2	27,8	4,5	200,9	12-15
13	Закарпатська, м. Берегове	17,7	$\frac{\text{Cl } 81 \text{ HCO}_3 12}{(\text{Na}+\text{K}) 95 \text{ Ca } 3}$	0,4	8,9	43,5	105,2	623,0	50-65
14	Закарпатська, м. Берегове	21,2	$\frac{\text{Cl } 77 \text{ HCO}_3 15}{(\text{Na}+\text{K}) 96 \text{ Ca } 3}$	0,7	12,0	36,2	98,9	660,0	55-60
15	Запорізька, м. Приморськ	29,1	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ Cl } 10}{(\text{Na}+\text{K}) 94 \text{ Ca } 4}$	3,3	42,4	39,9	71,2	33,5	14-18
16	Закарпатська, м. Хуст	32,6	$\frac{\text{Cl } 96 \text{ HCO}_3 4}{(\text{Na}+\text{K}) 98 \text{ Mg } 1}$	3,6	9,0	22,6	28,3	208,3	35-40
17	Херсонська, с. Щасливцеве	32,4	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ HCO}_3 1}{(\text{Na}+\text{K}) 95 \text{ Ca } 3}$	22,9	85,6	28,7	44,1	111,0	50-55
18	Миколаївська, м. Очаків	37,8	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ HCO}_3 1}{(\text{Na}+\text{K}) 83 \text{ Mg } 10}$	2,6	39,5	22,4	30,0	383,0	15-18
19	Запорізька, м. Бердянськ	38,8	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ Cl } 1}{(\text{Na}+\text{K}) 88 \text{ Mg } 7}$	6,9	81,6	30,7	61,2	233,7	15-18
20	Запорізька, м. Бердянськ	39,7	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ HCO}_3 1}{(\text{Na}+\text{K}) 85 \text{ Ca } 8}$	6,3	81,6	22,3	36,2	96,1	15-18
21	Харківська, с. Березівське	61,0	$\frac{\text{Cl } 99 \text{ SO}_4 1}{(\text{Na}+\text{K}) 84 \text{ Ca } 11}$	1,8	60,3	11,8	24,5	162,0	20-25
22	Закарпатська, с. Велятино	116,8	$\frac{\text{Cl } 91 \text{ SO}_4 6}{(\text{Na}+\text{K}) 98 \text{ Ca } 1}$	14,7	55,0	27,4	96,2	730,0	40-55
23	Одеська, Куяльницький лиман	262,7	$\frac{\text{Cl } 97 \text{ SO}_4 3}{(\text{Na}+\text{K}) 73 \text{ Mg } 25}$	27,6	363,2	3,50	117,4	40,0	-

– з боку загальних показників периферійної крові та імунної системи: зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод викликає перерозподіл формених елементів крові (нейтрофіли/лімфоцити), але інтенсивність реакції не завжди однакова. Як правило, відсоток нейтрофілів достовірно підвищується до 30 %, а при застосуванні МВ з мінералізацією 100 г/л та вище майже у 2 рази. Також завжди спостерігається зниження відсотку загальних Т-лімфоцитів. Реакція гуморальної ланки імунної системи переважно відсутня, але в окремих випадках у водах з підвищеним умістом метакремнієвої кислоти спостерігається активація з підвищенням показника рівня гетерофільних антитіл. Встановлені зміни можуть свідчити про стимуляцію захисно-приспосувальних реакцій у інтактних щурів.

– щодо метаболічних показників: застосування хлоридних натрієвих вод викликає зміни активності ферментів переамінування АЛТ, АСТ печінки та показників пігментного обміну – загального білірубину та його фракцій, що може свідчити про стимуляцію захисно-приспосувальних реакцій у інтактних щурів в умовах зовнішнього застосування хлоридних натрієвих МВ. При цьому простежуються ознаки помірної стимуляції жовчовивідної функції печінки та можливості стимуляції детоксикаційної здатності організму, про що свідчить значне зниження вмісту загального білірубину та його фракцій (рис. 2, 3).



**Рис. 2. Реакція метаболічних показників на зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод у щурів**



**Рис. 3. Спрямованість реакції метаболічних показників на зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод у щурів ( % - відсоток від всіх досліджених вод)**

Морфологічними дослідженнями структурно-функціонального стану органів-цілей (серце, шлунок, печінка, нирки) здорових щурів, що отримували курс зовнішніх процедур з хлоридними натрієвими водами, патологічних змін не визначено. Разом з тим, при зовнішньому застосуванні хлоридних натрієвих вод простежуються реакції з боку органів-цілей залежно від загальної мінералізації вод (табл. 2).

**Таблиця 2**

**Реакція на зовнішнє застосування хлоридних натрієвих вод з боку  
структурно-функціональної організації тканин органів**

Номер водопункту	Шлунок	Печінка	Серце	Нирки
1	—	—	—	—
2	—	+	—	+
3	—	—	—	—
4	+	—	—	—
5	—	+	—	—
6	—	+	—	+
7	—	—	—	—
8	—	+	—	+
9	—	+	—	+
10	+	+	—	+
11	—	—	—	—
12	—	—	—	—
13	—	+	—	—
14	—	—	—	—
15	+	+	—	—
16	—	+	—	—
17	+	—	+	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	+	+	—	—
21	+	+	—	—
22	+	+	—	—
23	+	+	—	—

*Примітка 1.* + — наявність впливу;

*Примітка 2.* — — відсутність впливу.

Так, при застосуванні МВ з мінералізацією до 12 g/l визначається їх вплив на печінку та нирки, а зі збільшенням мінералізації радикал впливу з нирок зміщується на шлунок зі збереженням впливу на печінку, що обґрунтовує можливість диференційованого застосування даних МВ у комплексному лікуванні хворих із захворюваннями органів травлення та нирок.

Тобто встановлено, що хлоридні натрієві води різної мінералізації та вмісту специфічних компонентів і сполук безпечні для організму, володіють біологічною активністю різної сили з акцентом впливу на функціональний стан ЦНС та ВНС, нирок, печінки та шлунку і можуть застосовуватись в комплексному лікуванні хворих з захворюваннями опорно-рухового апарату, центральної та периферичної нервової системи, серцево-судинними захворюваннями, захворюваннями шкіри, гінекологічними та супутніми захворюваннями органів травлення та нирок.

### Список використаних джерел:

1. Лабораторні тварини в медико-біологічних експериментах / В.П. Пішак, В.Г. Висоцька, В.М. Магальяс та ін. — Чернівці: Мед. ун-т, 2006. — 350 с. — ISBN 966-697-144-5
2. Council Directive 86/609/EEC of 24 November 1986 on the Approximation of the Laws, Regulations and Administrative Provisions on the Member States Regarding the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes // Official Journal of the European Communities. — 1986. — L. 358. — P. 1 — 29.
3. Directive 2010/63/ EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance) // Official Journal. — 2010. — L. 276. — P. 0033 — 0079.
4. Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 249 від 01.03.2012 р. — Офіційний вісник України від 06.04.2012 — 2012 р., № 24, стор. 82, стаття 942, код акту 60909/2012.
5. Методичні рекомендації з методів досліджень біологічної дії природних лікувальних ресурсів та преформованих лікувальних засобів: мінеральні природні лікувально-столові та лікувальні води, напої на їхній основі; штучно-мінералізовані води; пелоїди, розсоли, глини, воски та препарати на їхній основі. — Київ, 2009. — 117 с.
6. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике. — Одесса. — 2003. — 127 с.
7. Про затвердження Порядку здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання: наказ від 02.06.2003 р. № 243 // Збірник нормативно-директивних документів з охорони здоров'я. — 2003. — № 9. — С. 72—91.
8. Мінеральні води України / За ред. Е.О. Колесника, К. Д. Бабова. — К.: Купріянова, 2005. — 576 с
9. Особенности биологического действия минеральных вод различной минерализации / К. Д. Бабов, Т. А. Золотарева, Б. А. Насибулин и др. — К.: КИМ, 2009. — 60 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ДІЛЯНОК РОЗТАШУВАННЯ ДЖЕРЕЛ ІЗ ЦІЛЮЩОЮ ВОДОЮ В УКРАЇНІ

**Якимчук М.А.<sup>1</sup>**, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com;

**Корчагін І.М.<sup>2</sup>**, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна,

2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Наведено результати рекогносцирувального обстеження локальних ділянок розташування джерел із живою (цілющою) та мертвою водою на території України. Всі обстежені ділянки з джерелами живої води розташовані в межах вулканів, заповнених базальтами, якими збагачена воднем жива вода і водень мігрують у верхні горизонти в розрізі та в атмосферу. У контурах таких вулканів над базальтами можуть бути виявлені скупчення водню в доломітах, мергелях, вапняках. Покришками для колекторів з воднем можуть бути крем'янисті породи, гнейси, мергелі. У базальтових комплексах з коренем на глибині 723 км умови для синтезу живої води існують на глибині 69 км, а з коренем на 470 км – на 68 км. Принципово важливим результатом проведених експериментальних робіт є те, що локальні ділянки розташування джерел із живою (цілющою) водою є перспективними (першочерговими) для пошуків природного водню! Результати досліджень є додатковими аргументами на користь «вулканічної» моделі формування різних структурних елементів Землі, а також родовищ горючих та рудних корисних копалин (водню та води у тому числі).

## FEATURES OF THE DEEP STRUCTURE OF THE AREAS OF SOURCES WITH HEALING WATER LOCATION IN UKRAINE

**Yakymchuk M. A.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com;

**Korchagin I. M.<sup>2</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine,

2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine

The results of a reconnaissance survey of local areas of sources with living (healing) and dead water on the territory of Ukraine are presented. All surveyed areas with sources of living water are located within volcanoes filled with basalts, through which hydrogen-enriched living water and hydrogen migrate to the upper horizons of cross-section and into the atmosphere. In the contours of such volcanoes, above basalts, accumulations of hydrogen can be found in dolomites, marls, and limestones. Siliceous rocks, gneisses, marls can serve as tires for reservoirs with hydrogen. In basalt complexes with a root at a depth of 723 km, the conditions for the synthesis of living water exist at a depth of 69 km, and with a root at 470 km, at 68 km. In the contours of the latter, responses are also recorded at the frequencies of potassium-magnesium salt and lonsdaleites. A fundamentally important result of the experimental work carried out is that the local areas of the sources with living (healing) water location are promising (priority) for the natural hydrogen searching! The research results are additional arguments in favor of the "volcanic" model of the formation of various structural elements of the Earth, as well as deposits of combustible and ore minerals (including hydrogen and water).

**Вступ.** Розроблювана мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків [1] надає можливість у стислі терміни проводити в лабораторних умовах обстеження локальних ділянок та великих блоків у будь-якій точці (районі) земної кулі, а також на планетах та супутниках Сонячної системи. Результати апробації та практичного застосування розроблених методів у 2019-2021 рр. [2-4] при пошуках родовищ рудних і горючих корисних копалин, водоносних горизонтів, а також під час вивчення глибинної будови в районах розташування геологічних структур різного типу надали можливість отримати численні свідчення (факти) на користь абіогенного синтезу вуглеводнів [3] та вулканічної моделі формування родовищ корисних копалин і зовнішнього вигляду поверхні та структурних елементів Землі. У 2022 р. значний обсяг інструментальних вимірювань з використанням частотно-резонансних методів обробки супутникових знімків та фотознімків виконано на локальних ділянках розташування джерел із живою (цілющою) та мертвою водою в Україні. В тезах наведено результати рекогносцирувального обстеження локальних ділянок із живою водою.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального та детального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової технології, що включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та

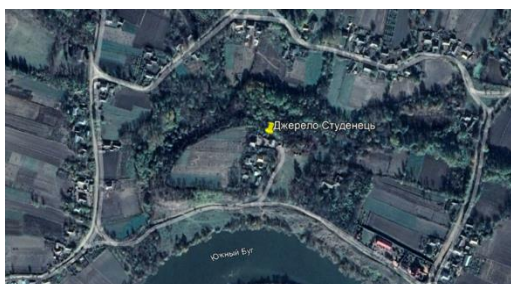


методику інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудноносності) великих пошукових блоків та локальних ділянок [1]. Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуках конкретної (шуканої в кожному окремому випадку) речовини. В основі розроблених методів лежать виявлені Ніколою Тесла у 1899 р. стоячі електричні хвилі у глибинних горизонтах Землі. У модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних та магматичних порід (<http://rockref.vsegei.ru/petro/>), мінералів та хімічних елементів. Особливості та можливості використаних методів, а також методика проведення вимірювань описані більш детально у [1-4].

**Рекогносцирувальне обстеження локальних ділянок з водоносними джерелами.** Обстеження зон розташування багатьох водоносних джерел на території України проведено з метою вивчення особливостей геологічної будови, а також умов та глибин синтезу води (живої та мертвої) у розрізах ділянок. Для проведення інструментальних вимірювань підготовлено супутникові знімки (рис. 1-4) невеликих фрагментів території, в межах яких розташовані водоносні джерела. Зазначимо також, що в тексті знімки багатьох обстежених джерел, інформація про які запозичена з книги [5], не наводяться. Додамо до цього, що на деяких супутникових знімках положення джерела та його мітка не співпадають. Результати частотно-резонансної обробки підготовлених знімків у рекогносцирувальному режимі зводяться до наступного.

**Джерело «Студенець» (Вінницька область).** На ділянці розташування джерела (рис. 1а) зафіксовано сигнали на частотах живої води, бактерій водневих, водню, фосфору червоного, осадових порід 8-ої групи (доломіти) та магматичних порід 6-ої групи (базальти). Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км.

При скануванні розрізу з поверхні крок 1 см відгуки від живої води почали фіксуватися з 60 см, а від базальтів – з 67 м. На глибині 67 м з верхньої частини розрізу отримані сигнали від доломітів, живої води та водню.



а) ( $48^{\circ}28'48.04''N$ ,  $27^{\circ}37'59.68''E$ )



б) ( $50^{\circ}50'15.33''N$ ,  $28^{\circ}56'45.97''E$ )

**Рис. 1. Положення джерел «Студенець» (а) та «Кипляче» (б) на супутникових знімках місцевості**

При скануванні розрізу з поверхні крок 5 см відгуки від водню зафіксовані з інтервалу 15-(27-інтенсивний)-45 м. На глибині 15 м з верхньої частини розрізу отримані сигнали від вапняків (покришка для водню), а з нижньої частини - від доломітів (колектор для водню).

Інструментальні виміри засвідчили про міграцію водню та фосфору червоного в атмосферу. Сигнали від живої води (синтез) зареєстровані на глибині 68 км.

**Джерело «Кипляче» (Житомирська область).** У межах ділянки обстеження (рис. 1б) зафіксовано сигнали від живої води та базальтів (корінь базальтового вулкана – 470 км).

При скануванні розрізу з поверхні крок 1 мм, відгуки від живої води почали фіксуватися з 43 см, а від базальтів, крок 1 см - з 4.5 м. Сигнали живої води (синтез) зареєстровані на глибині 68 км. Підтверджено факт міграції водню та фосфору в атмосферу.

**Джерело «Духовий колодязь» (Івано-Франківська область).** У процесі частотно-резонансної обробки фрагмента супутникового знімка ділянки обстеження у прямокутнику (рис.

2а) зареєстровані сигнали на частотах фосфору (червоного), азоту, кисню, водню, вуглецю, бактерій водневих, живої води та магматичних порід 6-ої (базальти), 6А (долерити та андезити), 6Б (лампроїти) груп. Скануванням розрізу, крок 1 м, верхня кромка базальтів зафіксована на глибині 320 м. На поверхні 320 м з верхньої частини розрізу зафіксовані відгуки від 2-ої (псаміти) та 9-ої (мергелі) груп осадових порід, живої води та водню.



а) (49°3'8.9"N, 24°44'5.65"E)



б) (50°10'3.1"N, 31°48'3.59"E)

**Рис. 2. Положення джерел «Духовний колодязь» (а) та «Свята Параскева» (б) на супутникових знімках місцевості**

При скануванні розрізу, крок 1 см, відгуки від осадових порід 1-6 груп фіксувалися до 15 м. На глибині 15 м з нижньої частини розрізу отримані відгуки від мергелів.

У процесі сканування розрізу з 15 м, крок 10 см, відгуки водню з мергелів отримані з інтервалів: 1) 58-(87-інтенсивний)-189 м; 2) 241-(285-інтенсивний)-320 м. На глибині 320 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від живої та мертвої (слабкої інтенсивності) води.

При скануванні розрізу, крок 10 см, відгуки від живої води почали фіксуватися з 1 м і простежені до 397 м. Другий інтервал відгуків почався з 405 м. На поверхні 0 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від водню і фосфору що вказує на їх міграцію в атмосферу. Сигнали на частотах живої води (синтез) отримано на глибині 68 км.

**Джерело «Святої Параскеви» (Київська область, Яготинський р-н).** У межах ділянки обстеження (рис. 2б) зафіксовано сигнали від живої води, бактерій водневих, фосфору червоного та глибинних базальтів (корінь базальтового вулкана – 723 км).

При скануванні розрізу, крок 1 мм, відгуки від живої води зафіксовано з 30 см, а від базальтів, крок 10 см - з 20 м. Сигнали від живої води (синтез) зареєстровані на 69 км.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу зафіксовані сигнали від водню та фосфору червоного, що свідчить про їх міграцію в атмосферу. На глибині 20 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від водню, червоного фосфору і доломітів.

При скануванні розрізу з поверхні крок 1 см відгуки від водню з доломітів отримані з інтервалу 5.50-17.80 м. А при скануванні з 20 м крок 10 см відгуки від водню з базальтів отримані з інтервалів 1) 35-(50-інтенсивний)-73 м, 2) 89-(97-інтенсивний)-(110-дуже інтенсивний)-120 м (далі сканування не проводилось).

**Джерело «Зозулин колодязь» (Львівська область, Жидачівський р-н).** При обробці знімка ділянки з джерелом (рис. 3а) з поверхні зареєстровані сигнали на частотах червоного фосфору, фосфору жовтого (слабкої інтенсивності), водню, бактерій водневих, живої води та магматичних порід 6-ої (базальти) групи. Корінь базальтового вулкана зафіксовано на глибині 470 км, а верхній край визначено скануванням з кроком 10 см на глибині 28 м.

При скануванні розрізу з кроком 1 мм відгуки від живої води зафіксовані з 35 см. Підтверджено міграцію водню та фосфору червоного в атмосферу.

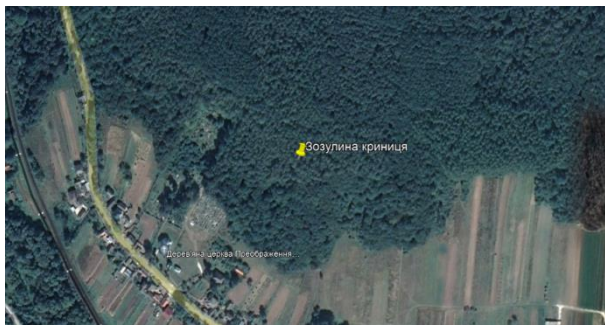
На глибині 28 м з верхньої частини розрізу отримані сигнали від водню, 2-ої та 5-ої груп осадових порід, а також водню з 5-ої групи осадових порід.

При скануванні розрізу з кроком 1 см відгуки від водню з 5-ої групи осадових порід зафіксовані в інтервалі 3-(6-інтенсивний)-(12-інтенсивний)-18.80 м.

**Джерело «Маруся» (Львівська область, Жовківський р-н).** При обробці знімка ділянки з джерелом (рис. 3б) з поверхні зареєстровані сигнали на частотах фосфору червоного, водню, водневих бактерій, живої води, базальтів глибинних і магматичних порід 6-ої (базальти), 6А, 6Б



груп. Корінь базальтового вулкана зафіксовано на глибині 723 км, а верхній край визначено скануванням з кроком 5 см на глибині 6 м.



а) (49°30'8.05"N, 24°13'13.65"E).



б) (50°10'8.17"N, 23°36'35.72"E).

**Рис. 3. Положення джерел «Зозулин колодязь» (а) і «Маруся» (б) на супутникових знімках місцевості**

Відгуки від живої води почали фіксуватися з 50 см при скануванні з кроком 5 мм, а від базальтів – з 6 м при скануванні з кроком 5 см. Сигнали живої води (синтез) отримані на глибині 69 км. Відгуки від водню із базальтів почали фіксуватися з 12.3 м.

**Джерело у с. Раковець (Львівська область, Пустомитівський р-н, 49°38'43.05"N, 24°1'31.89"E).** У процесі обробки знімка отримані сигнали на частотах водню, водневих бактерій, живої води, фосфору червоного, осадових порід 8-ої (доломіти) групи і базальтів. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км. Верхня кромка базальтів зафіксована на глибині 317 м скануванням з кроком 10 см. На глибині 317 м із верхньої частини розрізу отримано відгуки від доломітів, псамітів, живої води та водню. На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (атмосфери) отримані сигнали від водню та фосфору червоного (міграція в атмосферу слабкої інтенсивності).

На глибині 50 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від 2-ої групи осадових порід (псаміти) та 14-ої групи магматичних порід (гнейси, покришка).

При скануванні розрізу з поверхні, крок 10 см, відгуки від водню почали фіксуватися зі 115 м. Сигнали від водню з доломітів отримані при скануванні розрізу з кроком 10 см з 110 м з двох інтервалів: 1) 115-(140-інтенсивний)-(144-дуже інтенсивний)-241 м, 2) 266-(290-інтенсивний)-(298-дуже інтенсивний)-310 м. А відгуки від водню з базальтів почали фіксуватися з 369 м при скануванні з 310 м з кроком 10 см.

**Джерело у с. Лісок (Львівська область, Яворівський р-н, 49°58'7.5"N, 23°21'0.66"E).** Під час обробки знімка ділянки зареєстровані відгуки від базальтів та водню. Скануванням розрізу з кроком 10 см верхній край базальтів визначено на глибині 288 м. На цій глибині з верхньої частини розрізу отримано відгуки від доломітів і водню.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (атмосфери) отримані відгуки слабкої інтенсивності від водню (20 с) та червоного фосфору (20 с). Це свідчить про наявність у верхній частині слабо проникних порід.

На глибині 50 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від 14-ї (гнейси) групи метаморфічних порід (перекриття). З нижньої частини розрізу на цій глибині отримані сигнали на частотах водню з доломітів. Скануванням розрізу з 50 м, крок 10 см, відгуки від водню з доломітів отримані з інтервалу 66-(130-дуже інтенсивний)-240)-263 м. При скануванні з 288 м крок 10 см відгуки від водню з базальтів почали фіксуватися з 312 м.

**Джерело у м. Білгород-Дністровський (Одеська область, 46°8'11.99"N, 30°22'0.31"E).** На ділянці обстеження зареєстровані сигнали на частотах водню з базальтів, фосфору червоного, водневих бактерій, живої води та глибинних базальтів. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 723 км.

Інструментальні виміри засвідчили про міграцію водню та фосфору в атмосферу.

При скануванні розрізу з поверхні крок 5 см, відгуки від водню з базальтів почали фіксуватися з 42 м, а сигнали від живої води - з 40 см при скануванні розрізу з кроком 5 мм.

**Джерело у с. Гільча Друга (Рівненська область, Здолбунівський р-н, 50°25'37.60"N, 26°16'59.06"E).** На ділянці обстеження зареєстровані сигнали від водню, бактерій водневих, живої води, мертвої води (ставок) та магматичних порід 6-ої групи (базальти). Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км. Верхня кромка базальтів скануванням з кроком 10 см зафіксована на глибині 250 м.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (атмосфери) отримані відгуки від водню та фосфору (червоного) (міграція газів в атмосферу). На глибині 248 м із верхньої частини розрізу зареєстровані сигнали від доломітів, живої води, фосфору червоного та водню.

При скануванні розрізу, крок 10 см, відгуки на частотах водню з доломітів отримані з інтервалу 40-(100-інтенсивний)(140 - дуже інтенсивний)-190 м, а сигнали водню з базальтів почали фіксуватися з 279 м. Сигнали від живої води зареєстровані на поверхні 68 км.

**Джерело у с. Великі Бережці (Тернопільська область, Кременецький р-н, 50°6'26.32"N, 25°35'8.78"E).** На ділянці обстеження зафіксовано сигнали на частотах живої води, водневих бактерій, водню, фосфору червоного, доломітів і базальтів. Верхня кромка базальтів визначена скануванням з кроком 10 см на глибині 290 м. На цій глибині з верхньої частини розрізу отримані відгуки доломітів і водню з доломітів (інтенсивні).

При скануванні з кроком 5 см відгуки від водню з доломітів отримані з інтервалу 83-(95-інтенсивний)(126-дуже інтенсивний)-(170-дуже інтенсивний)-276 м. Сигнали від водню з базальтів зафіксовані з 332 м.

При скануванні розрізу з кроком 5 см відгуки від живої води почали фіксуватися з 12 м, а при кроці 1 мм – з 40 см. На поверхні 0 м відгуки водню зареєстровані з верхньої частини розрізу (атмосфери) без затримки (міграція газу в атмосферу).

**Джерело у с. Лішня (Тернопільська область, Кременецький р-н, 50°10'29.61"N, 25°49'49.72"E).** При обробці знімка зафіксовано відгуки від фосфору (червоного) (перекрито), водню, водневих бактерій, живої води, доломітів і базальтів. Верхня кромка базальтів сканування з кроком 5 см визначена на глибині 118 м.

На глибині 118 м із верхньої частини розрізу зафіксовано сигнали від водню з доломітів. При скануванні розрізу з кроком 5 см відгуки на частотах водню отримані з доломітів з інтервалу 24-(38-інтенсивний)-(40-дуже інтенсивний)-(70-дуже інтенсивний)(84-дуже інтенсивний)-94 м. Сигнали від водню з базальтів почали фіксуватися із 145 м.

**Джерело у с. Савелівка (Тернопільська область, Монастирський р-н, 49°7'20.29"N, 25°12'33.36"E).** На ділянці обстеження зафіксовані відгуки від живої води, бактерій водневих, водню, фосфору червоного, осадових порід 2-ої (псаміти) групи та магматичних порід 6-ої (базальти), 6А, 6Б груп. Від глибинних базальтів сигнали не отримані. Верхня кромка базальтів визначена скануванням з кроком 5 см на глибині 40 м. На цій глибині з верхньої частини розрізу отримані відгуки від 2-ої та 3-ї груп осадових порід.

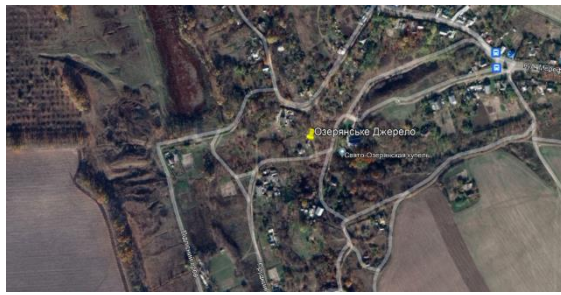
При скануванні розрізу з кроком 5 см відгуки від водню з базальтів зафіксовані з 87 м, а живої води - з 50 см при скануванні з кроком 5 мм.

**Джерело у с. Острів (Тернопільська область, Тернопільський р-н).** На ділянці обстеження (рис. 4а) отримані відгуки від живої води, водневих бактерій, водню, фосфору червоного, доломітів і базальтів. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км. Верхня кромка базальтів визначена скануванням з кроком 10 см на глибині 260 м. На цій глибині з верхньої частини розрізу отримано сигнали доломітів і водню з доломітів.

При скануванні розрізу з кроком 5 см відгуки на частотах водню з доломітів отримані з наступних інтервалів: 1) 82-(100-інтенсивний)-(115-дуже інтенсивний)-(130-дуже інтенсивний)-140 м, 2) 150-(157-інтенсивний)-(170-дуже інтенсивний)-184 м; 3) 218-236 м. Сигнали від водню з базальтів почали фіксуватися з 288 м.



а) ( $49^{\circ}29'15.23''N$ ,  $25^{\circ}34'40.2''E$ ).



б) ( $49^{\circ}48'50.54''N$ ,  $36^{\circ}0'43.09''E$ )

**Рис. 4. Положення джерел у селах Острів (а) та Нижня Озеряна (б) на супутникових знімках місцевості**

При скануванні з кроком 5 мм відгуки від живої води почали фіксуватися з 50 см. Сигнали живої води (синтез) отримані на глибині 68 км.

**Джерело у с. Нижня Озеряна (Харківська область, Харківський р-н).** На ділянці обстеження (рис. 4б) зареєстровані сигнали від живої води, водневих бактерій, водню, фосфору червоного, доломітів і базальтів. Верхній край базальтів визначено скануванням з кроком 10 см на глибині 185 м. На цій глибині з верхньої частини розрізу отримані відгуки від водню з доломітів.

Скануванням розрізу з кроком 10 см відгуки від водню з доломітів зареєстровані з інтервалів: 1) 34-(45-інтенсивний)-(52-дуже інтенсивний)-96 м, 2) 150-(166-інтенсивний)-177 м. При скануванні з кроком 5 мм відгуки від живої води зафіксовані з 140 м.

**Джерело у с. Жилінці (Хмельницька область, Ярмолинецький р-н,  $49^{\circ}17'10.67''N$ ,  $26^{\circ}52'40.78''E$ ).** На ділянці обстеження отримано відгуки від водню, живої води, бактерій водневих, фосфору червоного, псамітів, доломітів та базальтів. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км, а з інтервалу 470-996 км отримано відгуки від гранітів (старих). Верхній край базальтів зафіксований скануванням з кроком 10 см на глибині 192 м.

При скануванні розрізу з кроком 10 см відгуки на частотах водню отримані з доломітів в інтервалі 58-(146-інтенсивний)-(155-дуже інтенсивний)-172 м. Сигнали від водню з базальтів почали фіксуватися з 190 м при скануванні з кроком 10 см зі 170 м. Відгуки від живої води почали фіксуватися з 60 см під час сканування з кроком 1 мм.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (атмосфери) зареєстровані відгуки від водню та червоного фосфору (міграція газів в атмосферу).

**Джерело у с. Хрещатик (Черкаська область, Заставнівський р-н,  $48^{\circ}37'47.66''N$ ,  $25^{\circ}44'28.04''E$ ).** На ділянці розташування джерела з поверхні зареєстровані сигнали від живої води, водню, бактерій водневих, фосфору червоного, доломітів та магматичних порід 6-ої (базальти), 6А та 6Б груп. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км. Верхня кромка базальтів сканування з кроком 10 см визначена на глибині 287 м.

На поверхні 287 м із верхньої частини розрізу отримані відгуки від водню та доломітів. Підтверджено міграцію водню та фосфору червоного в атмосферу.

Відгуки на частотах живої води зафіксовано з 50 см при скануванні з кроком 1 см.

При скануванні розрізу з кроком 10 см відгуки на частотах водню з доломітів отримані з наступних інтервалів: 1) 76-(98-інтенсивний)-(115-дуже інтенсивний)-142 м, 2) 152-(165-інтенсивний) (168-дуже інтенсивний)-205 м, 3) 217-(230-інтенсивний) (237-дуже інтенсивний)-260 м. Сигнали від водню з базальтів почали фіксуватися з 327 м при скануванні з 280 м, крок 10 см.

**Основні результати, коментарі, висновки.** Представлені вище результати експериментальних робіт є додатковими аргументами на користь «вулканічної» моделі формування різних структурних елементів Землі, а також родовищ горючих та рудних корисних копалин (водню та води у тому числі). Під час обробки супутникових знімків ділянок обстеження отримано додаткові свідчення на користь глибинного (абіогенного) генезису води (живої та мертвої), нафти, конденсату та газу в процесі дегазації Землі.



Всі обстежені локальні ділянки з джерелами живої води розташовані в межах вулканічних комплексів, заповнених магматичними породами 6-ої групи (базальти), якими збагачена воднем жива вода і водень мігрують у верхні горизонти розрізу та у атмосферу. У контурах таких вулканів над базальтами можуть бути виявлені скупчення водню в доломітах, мергелях, вапняках. Покришками для колекторів з воднем можуть бути осадові породи 10-ої групи (кременісті), гнейси, мергелі. У базальтових комплексах з коренем на 723 км умови для синтезу живої води існують на глибині 69 км, а в вулканах з коренем на 470 км – на 68 км.

Принципово важливим результатом проведених експериментальних робіт слід вважати те, що локальні ділянки розташування джерел із живою (цілющою) водою є перспективними (першочерговими) для пошуків природного водню!

#### **Список використаних джерел:**

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5-27.
2. Якимчук М.А., Корчагин І.М. Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2020. № 9. С. 55—62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>
3. Якимчук М.А., Корчагин І.М. Результати застосування прямопошукових геофізичних методів для виявлення і локалізації зон скупчення та міграції водню в розрізах Землі і Місяця. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2021. № 1. С. 65—76. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.01.065>
4. Якимчук М.А., Корчагин І.М. Результати рекогносцирувального обстеження великих зон водневої дегазації в різних регіонах земної кулі. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2022. № 1. С. 79—91. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.079>
5. Мельник А. Чудотворні джерела України / Антон Мельник. – Львів: Свічадо, 2013. – 236 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ГІДРОРЕСУРСІВ ДЛЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Триснюк В.М., д. тех. н., с. н. с., trysnyuk@ukr.net,  
Трофимчук О.М., член-кор НАНУ, д. тех. н., професор,*

*Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору, м. Київ, Україна*

В роботі обґрунтовано методологію і методи оцінки гідроекологічної безпеки природно-техногенних екосистем та запропонована модель взаємозв'язку гідроекосистеми і природних ресурсів. Розроблені показники оцінки стану природно-техногенної гідроекосистеми залежно від конфігурації остаточного компоновального рішення і міри порушеності басейнових ландшафтів. Для визначення комплексного критерію гідроекологічної безпеки використовується моделювання природно-технічної системи для формалізації взаємодії техногенних і екологічних процесів.

**Ключові слова.** моделювання, гідроресурси, екологічна безпека, інтегральна оцінка, картосхема, екосистема.

## MODELING OF THE NATURAL AND ENGINEERING SYSTEM OF HYDRO RESOURCES FOR THE SECURITY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

*Trysnyuk V., Dr. Sci. (Eng.), Senior researcher, trysnyuk@ukr.net,  
Trofymchuk O., corres. member NASU, Dr. Sci. (Eng.), professor,*

*Institute of Telecommunications and Global Information Space, Kyiv, Ukraine*

The work substantiates the methodology and methods of assessing the hydro-ecological safety of natural-technological ecosystems and proposes a model of the relationship between the hydro-ecosystem and natural resources. Indicators for assessing the state of the natural and man-made hydroecosystem have been developed, depending on the configuration of the final design solution and the degree of disturbance of basin landscapes. To determine the complex criterion of hydro-ecological safety, modeling of the natural-technical system is used to formalize the interaction of man-made and ecological processes.

**Keywords.** modeling, water resources, environmental safety, integrated assessment, map scheme, ecosystem.

**Постановка проблеми.** Використання гідроресурсів передбачає техногенне навантаження на гідроекологічне середовище. Шлях до вирішення проблеми екологічної безпеки гідроекосистем повинен ґрунтуватись на концепції стійкого розвитку, яка передбачає економічне зростання за рахунок впровадження комплексних екологічно чистих технологій, формування природно-техногенних гідроекосистем, в яких не виникає складних екологічних проблем пов'язаних з інгредієнтним та тепловим забрудненням.

Внаслідок значного техногенного впливу на геологічне середовище спостерігаються комплексні зміни геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних умов, які в ряді регіонів призводять до стійкого погіршення природної обстановки і набули трансграничного характеру. Суттєвих змін зазнають гідрохімічні та гідродинамічні показники поверхневих та підземних вод. Геохімічна діяльність людини за своїми масштабами стала порівнянною з природними процесами в літосфері. Найбільш яскраво це виявляється у забрудненні компонентів геологічного середовища, в перше чергу ґрунтів, важкими металами. Крім того, внаслідок аварії на ЧАЕС в межах західного та південного „слідів", на площі до 120 тис. км<sup>2</sup> відбулося значне радіонуклідне забруднення ґрунтів.

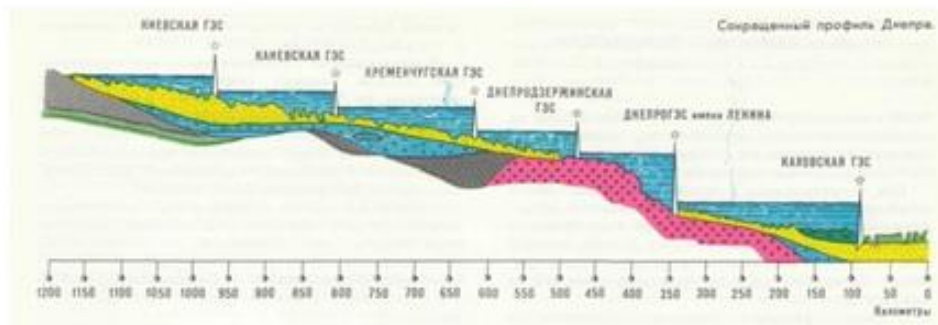
Аналіз останніх досліджень. Проблеми моделювання гідроекологічної безпеки, на якій ґрунтуються екологічний аудит, екологічний моніторинг та екологічна безпека, розглянуті в багатьох опублікованих роботах. Для України велике значення, щодо висвітлення проблем екологічної оцінки мають праці Адаменка О. М., Трофимчука О.М., Волошина І.М., Архипової Л.М., Гуцуляка В.М. та багатьох інших дослідників.

**Метою роботи** є моделювання і оцінка природно-технічної системи гідроресурсів для безпеку об'єктів критичної інфраструктури та обґрунтування стратегічних напрямків екологічної безпеки гідроекологічного середовища.

**Виклад основного матеріалу.** В сучасних умовах інтегральна оцінка еколого-гідрологічних умов та виконання районування території за результатами вивчення окремих компонентів геологічного середовища є актуальною і досить складною задачею.

Цільове призначення таких робіт - виявлення, картування та прогнозна оцінка закономірностей і динаміки негативних змін геологічного середовища (ГС) та його основних параметрів (геохімічних, гідрогеологічних, інженерно- геологічних), які безпосередньо чи опосередковано впливають на екологічний стан територій, регіонів, держави в цілому, а також підготовка картографічної основи для планування і проведення моніторингу природного середовища. Природно-техногенна геосистема “Каховська ГЕС – Запорізька АЕС” є однією з найкрупніших і небезпечних внаслідок розвитку великого підпору р. Дніпро при будівництві найбільшого в Україні Каховського водосховища. До складу гідровузла входять: земляна руслова гребля, бетонна водозливна гребля, будівля гідроелектростанції, шлюз та земельна гребля лівого берега. Довжина напірного фронту гідровузла 3650 метрів. Об’єм утвореного водосховища складає 18,2 куб. км, довжина – 230 км, ширина – 25 км, загальна площа водосховища – 2155 кв. км, підпір 16 м. Для визначення місця будівництва були проведені комплексні проєктно-пошукові роботи в пониззі Дніпра. За цей час було пробито 30 тисяч свердловин, 120 штолень, 20 глибинних шахт, виконано значну роботу по визначенню об’єма фільтрації води із водосховища та розміру зони підпорного впливу на ґрунтові і артезіанські водоносні горизонти. Середні величини підпорного впливу на підвищення рівнів підземних вод на правому і лівому берегах за прогнозними оцінками сягали 35-50 км і більше (до 130 км у напрямку вододілу). Таким чином, площа підпорного впливу Каховського водосховища на рівні підземних вод та активізацію підтоплення земель за умови досягнення узбережжя оз. Сиваша перевищувала 20000 кв.км. без врахування фільтраційних втрат в обхід споруд гідровузла, розвитку зрошувальних систем та втрат із водонесучих та водовідвідних систем. Значною мірою це було обумовлено розвитком шарів проникних порід у північному борті Причорноморського артезіанського басейну (між Дніпровською ГЕС та оз. Сиваш (рис. 1).

### Спрощена схема Дніпровського каскаду



**Рис. 1. Схема формування підпірного впливу каскаду водосховищ р. Дніпра на рівні підземних вод та активізацію небезпечних процесів підтоплення, просідань, зсувоутворень, карстово-провальних форм**

Вперше в світовій гідробудівничій практиці за розрахунками проєктних організацій було побудовано унікальну земляну греблю із дуже пологими відкосами та тому розсереджену на великій товщі нестійких пливунів (до 20-25м).

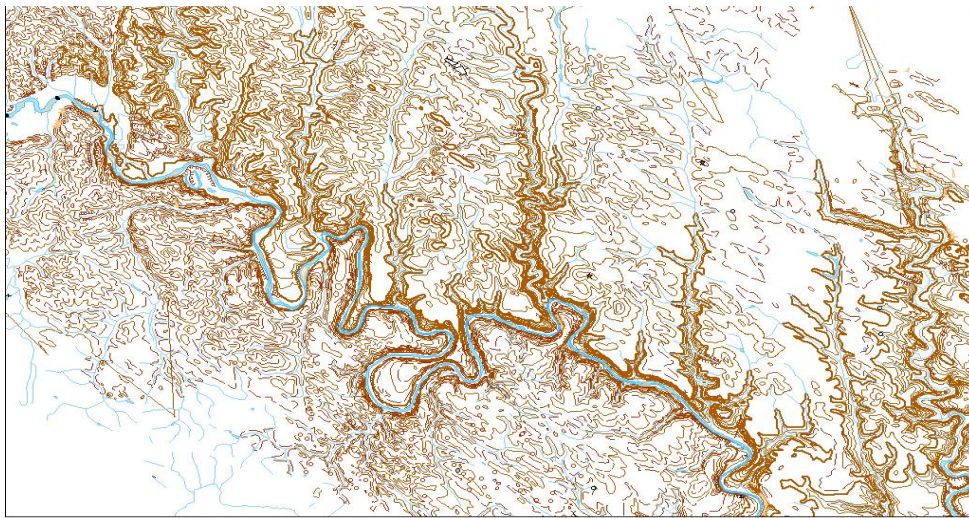
Одними з головних проблемних питань оцінки еколого-геологічного стану ГС є вивчення стану підземних вод і проблем, що з цим пов'язані. Серед загального складного комплексу робіт великого значення набуває оцінка захисних властивостей зони аерації. Зона аерації служить природним захистом підземних вод від забруднення у природних і екстремальних умовах. Її характеристики визначають час проникнення забруднення у перший від поверхні водоносний горизонт, у її межах здійснюються процеси сорбції та іонний обмін [1].

Оцінка природних захисних властивостей порід зони аерації виконана із застосуванням ГІС. Основними природними показниками, на яких ґрунтуються оцінки з визначення часу надходження забруднюючих речовин з поверхні землі до ґрунтових вод, стали її потужність і літологічний склад порід зони аерації.

Оскільки на території України існує вкрай обмежена кількість визначень коефіцієнтів фільтрації порід зони аерації, дослідження такого спрямування набувають особливої актуальності. Вивчення фільтраційних властивостей порід зони аерації фрагментарно проводилися в процесі виконання спеціалізованих крупномасштабних зйомок масштабу 1:50000 у 70-роки минулого сторіччя та при спеціальних дослідженнях [2]. Роботи з прогнозування проникнення хімічних елементів та радіонуклідів у підземні води Дністровського каньйону виконуються науковцями Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. в межах полігонів, розташованих у Тернопільській області [3, 4].

Як свідчать результати досліджень, максимальні значення загального часу руху в основному отримуються за рахунок слабопроникних прошарків.

З огляду на застосування можливостей ГІС при регіональних картографічних побудовах та подальшу систему оцінок захищеності ґрунтових вод, для виконання даного виду робіт були задіяні попередньо створені електронні карти потужності зони аерації та будови літологічного складу її порід масштабу 1: 1000 000. Кожна із залучених для цих побудов вихідних електронних карт була піддана попередній обробці, яка полягала в генералізації виділених підрозділів (рис. 2).



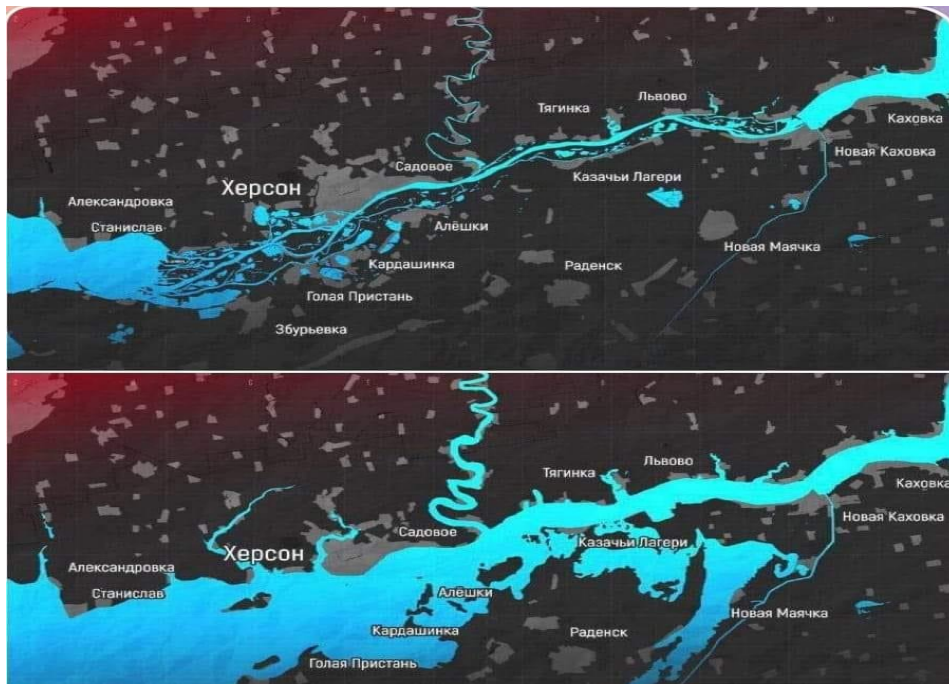
**Рис. 2. Картохема літологічних порід та гідрологія Дністровського каньйону**

Для безпосередньої реалізації завдань з оцінки часу проникнення забруднюючих речовин в ґрунтові води авторами використані ГІС-технології (ArcView GIS 3.2a). Оцінку захисних властивостей порід зони аерації було виконано шляхом створення просторової моделі для визначення взаємозв'язку між об'єктами за допомогою модуля Geoprocessing ArcGIS. В результаті створюється новий набір даних, в якому кожній результуючій області присвоєні атрибути обох вихідних. Для розрахунку часу проникнення були використані інформаційний шар літологічних різновидів зони аерації та шар інформаційних потужностей зони аерації. Для кожного виділеного таксону, залежно від будови його розрізу, обчислення виконувалося за відповідними формулами. В залежності від розрахункового часу можливого проникнення виділяємо 5 його градацій: <50 діб; 50-250 діб; 250-1000 діб; 1000-3000 діб; >3000 діб. Хоча таке районування певною мірою умовне і схематичне, воно відображає загальну тенденцію можливого проникнення забруднюючих речовин у ґрунтові води. До того ж районування базується на об'єктивних даних щодо проаналізованої значної кількості достовірної інформації про літологічний склад, фільтраційні особливості і потужності зони аерації і цілком прийнятне при здійсненні загальних регіональних оцінок.

Дослідження об'єктів критичної інфраструктури гідроресурсів набуває особливої уваги в час російської агресії. Геотехнічні умови будівництва і експлуатації об'єктів критичної інфраструктури у зоні підпорного впливу Каховської ГЕС, як найбільшого на Дніпрі водосховища, а потім і з системою зрошувальних каналів, призвели в останні півстоліття до стабільного розширення площ підтоплення земель (35000-50000 га щорічно) і зростаючого ускладнення умов експлуатації.



За умов зростання негативного впливу глобальних змін клімату (потепління, збільшення кількості та нерівномірності опадів, ризику повеней), а також зарегулювання до 60-70% стоку малих і середніх річок у басейні Дніпра (до 11-12 тис. ставків і водосховищ) варто очікувати активізації вищезазначених небезпечних екзогенних геологічних процесів, як при аварійному зниженні рівня Каховського водосховища так і формуванні зони стоку у його чашу зі зниженням рівнів ґрунтових і напірних підземних вод. Вибухове руйнування машзала Каховської ГЕС призвело до розвитку низки відносно швидкоплинних короткострокових (6-10 діб) та довгострокових переважно незворотних еколого-техногенних небезпек функціонування об'єктів критичної інфраструктури (рис. 3)



**Рис. 3. Космічний знімок затоплення Каховської ГЕС з супутника Landsat 5**

Формування розсереджених ділянок затоплення на площі понад 2500 км<sup>2</sup> урбанізованих територій до висоти малоповерхової забудови (середній рівень затоплення перевищує 5 м), виведення з ладу великої кількості об'єктів критичної інфраструктури (систем водопостачання та водовідведення, лікувальних закладів, житлових будівель та ін.), нагальна евакуація населення, ускладнена військовими діями та перманентними обстрілами;

- втрата джерел поверхневого водопостачання для понад 10 млн людей: локальних (криниць, свердловин, затоплених забрудненими водами) та централізованих, включаючи Північно-Кримський канал;
- зміна водно-екологічних умов підземних водоносних горизонтів (зниження рівнів води, перетік забруднень тощо);
- втрата біоресурсів рибогосподарської водойми об'ємом 18 км<sup>3</sup>, рідкісних видів рослин і тварин на заповідних та охоронних територіях Степу України;
- бактеріологічна небезпека внаслідок масового мору риби, розкладення трупів тварин, затоплення і підтоплення полігонів токсичних і побутових відходів;
- втрата підтоплених сільськогосподарських угідь внаслідок забруднення та засолення;
- трансграничне забруднення Чорноморського басейну внаслідок винесення забруднюючих речовин, органічного та неорганічного генезу (гербіцидів, пестицидів, поліхлорбіфенілів, важких металів, радіонуклідів, тощо), які були депоновані у донних відкладах Каховського водосховища, а також хімічної продукції, яка зберігалася на затоплених територіях;

Природно-техногенна гідроекосистема керується за рахунок запасу та обміну інформацією, яка надходить від екологічного моніторингу. Стосовно саме таких систем може бути сформульований принцип техногенної екологічної безпеки - стан, при якому



забезпечується стійка взаємодія людини і природи. На нашу думку техногенна екологічна безпека використання гідроресурсів і гідроекосистем в цілому повинна базуватись на гідроекосистемній концепції збалансованого природокористування, а саме:

1. довікллю притаманна гідроекосистемна ієрархія;
2. гідроекосистеми є частиною гідроекологічного середовища;
3. гідроекосистеми характеризуються "організаційністю";
4. в межах гідроекосистем нерозривно взаємопов'язані природні умови та господарська діяльність;
5. гідроекосистеми - оптимальні територіальні одиниці моніторингу природного середовища;
6. використання картографічного та імітаційного математичного моделювання гідроекосистем - основа прогнозування та оптимізації стану гідроекосистем.

Алгоритм аналізу та моделювання екстремальних паводків включає: побудову серії гідрографів найбільших паводків і графіків характерних рівнів води, оцінку особливостей проходження паводків, формування бази даних про морфометрію русла і стан протипаводкових об'єктів, створення гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу, оглядової ПС-моделі, яка визначає межі зон ризику підтоплення при заданих рівнях води, побудову детальніших (великомасштабних) моделей ризику затоплення паводками для ключових ділянок річкової долини.

Основою методики збору та систематизації інформації є обробка картографічного матеріалу шляхом векторизації. При складанні бази даних враховувались характерні особливості природних об'єктів та їх взаємодія. Ще однією методикою отримання інформації, що використовувалася нами при побудові моделей басейнової системи, було опрацювання даних дистанційного зондування Землі, яке дозволило скласти карту землекористування досліджуваного басейну. Враховуючи важливе значення даних дистанційного зондування для визначення ступеня антропогенного впливу на довкілля, нами були використані різночасові космознімки таких джерел, як LANDSAT.

Можливості традиційних методів досліджень причинно-наслідкових закономірностей формування якості поверхневих вод, суттєво розширюються при використанні матеріалів дистанційного зондування водних об'єктів та їх поверхневих водозборів. Сучасні технічні засоби дистанційного зондування дозволяють отримати достатньо різноманітну інформацію про властивості земної поверхні у видимій (0,3-0,8 мкм), ближній (1,8-5,3 мкм) і дальній (7-14 мкм) ІЧ- областях спектру, а також в діапазоні НВЧ (3-100 см). Спеціальними методами обробки різних видів цієї інформації вивчаються закономірності просторово-часових розподілів водних мас, які відрізняються вмістом розчинених або зважених речовин природного та антропогенного походження [5].

Вся кадастрова інформація опрацьована за допомогою геоінформаційних технологій у програмному середовищі ArcGIS. Географічною основою для баз геоданих послужила цифрова карта регіону масштабу 1 : 200 000 із вказаними населеними пунктами, нанесеними залізницями, автодорогами, водотоками та іншими природними і техногенними об'єктами. Картографічна основа узгоджена із космознімками LANDSAT 5 із роздільною здатністю 10 і 30 м відповідно. Це дозволяло точніше дешифрувати досліджувані об'єкти та наносити їх на карту. Новим прогресивним методом вважають також повітряне лазерне сканування промислових об'єктів з одночасною прив'язкою через GPS-приймач до географічних координат. Матеріали знімання дають змогу створити 3D моделі рельєфу із точністю 15–20 см та аерофотомозаїку масштабу 1 : 1 000–1 : 5 000, отримати інформацію про конструкційні й експлуатаційні параметри інженерних споруд і будівель, розрахувати технічні параметри гірничих об'єктів (кар'єрів, відвалів, відстійників тощо) за їхніми тривимірними моделями.

Кінцевою метою моделювання природно-технічної системи є управління технологічними і екологічними процесами в інтересах її стабілізації або розвитку. Відповідно до цієї мети можна виділити три етапи моделювання: інформаційне забезпечення, імітаційне моделювання, управлінське моделювання .

Перший етап моделювання пов'язаний з формуванням банку інформації за трьома напрямками:

1. Збір та аналіз результатів натурних спостережень, інженерних вишукувань, вивчення архівних матеріалів з метою накопичення первинної інформації;

2. Використання традиційних моделей з визначення розрахункової інформації, наприклад, моделі швидкостей течії, стратифікації у водоймах;

3. Генерування інформації, якої недостатньо як вихідної, наприклад, за аналогічними басейновими гідроекосистемами або природними умовами. Метод аналогій доцільно використовувати для прогнозу природних передумов і екологічних наслідків антропогенного навантаження (наприклад, розташування МГЕС) в межах басейнових екосистем досліджуваного регіону.

Другий етап моделювання ставить собі за мету розробку імітаційних моделей для формалізації взаємодії техногенних і екологічних процесів. Найбільш загальною формою моделі природно-техногенного процесу є багатофакторні моделі у вигляді регресійних залежностей [5]. Імітаційні моделі є вихідними для визначення прогнозних ситуацій, які оцінюють вірогідні екологічні ситуації. Така оцінка проводиться на третьому етапі модельних досліджень. Залежно від результату що прогнозується, приймаються рішення щодо управління системи на основі багатокритеріального аналізу (3 етап).

**Висновки.** Виконані роботи з оцінки захисних властивостей порід зони аерації в цілому дозволяють диференціювати досліджувану територію за умовами захищеності ґрунтових вод від забруднення. Даний інформаційний матеріал в сучасних умовах глобального техногенного втручання у довкілля набуває актуального значення і дозволяє виявляти, картувати та виконувати прогнозну оцінку закономірностей і динаміки негативних змін екологічного стану ґрунтових вод.

Зіставлення в ГІС показників розрахункового часу проникнення забруднюючих речовин крізь зону аерації з переважаючим напрямком фізико-хімічної міграції хімічних елементів та існуючим рівнем забруднення, дозволяє визначити різний ступінь ризику забруднення ґрунтових вод та прогнозувати їх забруднення.

Використання запропонованих підходів при наявності достатньої кількості матеріалів детальних крупномасштабних досліджень з визначення потужності і літологічних різновидів порід зони аерації дозволяють оперативно здійснювати прогнозування та швидко реагувати у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2000. – 241с

2. Монографія Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с.// ISBN 978-617-7468-53-9. 10.3997/2214-4609.201902083

3. Триснюк В. М. Екологія Гусятинського району / В. М. Триснюк. – Тернопіль. Тернограф. 2004. -219с

4. Триснюк В. М. Географічна, туристична та екологічна навчальні практики у Дністровському каньйоні. / Заставецька О.В., Зорін Д.О., Триснюк В. М. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. м.Тернопіль. Терно-граф.2010р -198с.

5. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / Л.М.Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - №3(29), 2011. - С. 29-33.

## **ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАПАСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД НЕВЕЛИКИХ РОДОВИЩ З ВРАХУВАННЯМ ЇХ НЕРІВНОМІРНОГО РЕЖИМУ ВИДОБУВАННЯ**

*Кондратюк Є., k.yevhen14@gmail.com,  
ТОВ "КВАРЦ", м. Моришин, Україна*

Висвітлений досвід оцінки експлуатаційних запасів підземних вод у тріщинних колекторах Карпат і Прикарпаття, де формуються ділянки та родовища з складними та дуже складними гідрогеологічними умовами. Проаналізовані граничні умови водоносних горизонтів, джерела формування експлуатаційних запасів, основні помилки при розвідуванні таких родовищ, запропоновані оптимальні та раціональні підходи до категоризації запасів відповідно до чинної інструкції ДКЗ.

## **EVALUATING OPERATIONAL GROUNDWATER RESERVES OF SMALL DEPOSITS TAKING INTO ACCOUNT THEIR UNEVEN EXTRACTION**

*Kondratyuk Ye., k.yevhen14@gmail.com,  
LLC "QUARTZ", Morshyn, Ukraine*

The experience of evaluating underground water supply in the Carpathian and Carpathian Collectors is highlighted, where areas and deposits are formed with complex and very complex hydrogeological conditions. The boundary conditions of aquifers, sources of formation of operating stocks, the main errors in the exploration of such fields, the optimal and rational approaches to the categorization of inventories in accordance with the current SCMR Instruction are analyzed.

**Вступ.** Експлуатаційні запаси (ЕЗ) підземних вод оцінюються та підраховуються згідно з чинними методиками відповідно до Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод, затвердженої наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ України) №23 від 4 лютого 2000 р. [4]. Експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод підраховують в межах родовищ або їх ділянок за даними геологічного вивчення надр, спеціальних досліджень або режимних спостережень на діючих водозаборах. Експлуатаційні запаси підраховуються з врахуванням мети їх використання, режиму та терміну водоспоживання, які встановлюються споживачем.

В більшості випадків розрахунки виконуються на цілодобове споживання виходячи з середньорічної, середньомісячної або середньодобової потреби при постійній витраті протягом всього запланованого періоду експлуатації. Іноді задається режим експлуатації, пов'язаний з його змінами протягом сезонів року, наприклад для зрошувальних систем чи іншого використання переважно в сільському господарстві. Такий режим споживання також характерний для санаторно-курортних закладів, об'єктів рекреації та відпочинку, які відрізняються сезонністю. В останні десятиліття популярним стало споживання мінеральних і питних вод розлитих у різну тару, тобто фасованих на різних підприємствах з розливу води, діяльність які теж дуже залежать від сезонів року.

При експлуатації таких водозаборів для забезпечення заводів розливу спостерігається зміни витрати водозабору протягом року, отже оцінка експлуатаційних запасів у такому випадку має виконуватися з врахуванням реального графіку водовідбору. Це передбачено чинною інструкцією, але такий підхід має свої особливості, по-перше, враховувати нерівномірне водоспоживання протягом року, по-друге, запаси обліковуються відповідно до витрати водозабору при безперервній його роботі впродовж року.

Саме про такі випадки нерівномірного водоспоживання йдеться в цій публікації, зокрема стосовно підрахунку експлуатаційних запасів для заводів розливу фасованих питних чи мінеральних вод. Розлив води вже давно став популярною діяльністю та стрімко розвивається й тепер, незважаючи на повноцінні військові дії в країні.

**Мета статті** – показати доцільність виконання підрахунку запасів підземних вод на невеликих родовищах у тріщинуватих колекторах для підприємств з розливу води або санаторіїв

з використанням саме такого підходу – при умові **нерівномірного водоспоживання протягом року**.

**Постановка проблеми.** Підземні води мають ряд особливостей притаманних водам планети загалом і корисним копалинам зокрема. Це рухома корисна копалина, яка ще й відновлюється, на відміну від всіх інших. Приналежність до загальних природних ресурсів зумовлює враховувати при підрахунку їх запасів не тільки умови надр, а й фізико-географічні та техногенні фактори об'єкту досліджень. Це накладає багато обмежень на виконання достовірних прогнозів при оцінці експлуатаційних запасів родовищ, наприклад, при підрахунку запасів піску чи вугілля на сусідніх, близько розташованих ділянках, не потрібно враховувати вплив їх видобування, а при розвідувальних роботах на таких же ділянках підземних вод, оцінка впливу одного водозабору на інший обов'язкова.

Режим водоспоживання в разі сезонного використання кардинально відрізняється від типового режиму при забезпеченні господарсько-питних потреб населення чи більшості галузей промисловості. Тому, згідно з вимогами Інструкції (п.9.8), підрахунок експлуатаційних запасів підземних вод, у **випадках нерівномірного водоспоживання протягом року** слід проводити у двох варіантах: при безперервному рівномірному і заданому нерівномірному режимах водоспоживання. Сумарний річний об'єм відбору води в обох випадках приймається однаковим. У розрахунковій схемі водозабору належить передбачити **можливість забезпечення максимальної величини заданого водовідбору протягом певного періоду**.

Новизна дослідження. Впровадження ширшого застосування цієї можливості при підрахунку експлуатаційних запасів підземних вод доцільне й актуальне, крім того проаналізовані граничні умови цих родовищ, які мають найважливіше значення для достовірного підрахунку експлуатаційних запасів при всіх режимах експлуатації.

**Аналіз досліджень.** Оцінка запасів з врахуванням сезонності їх використання всебічно вивчалася в регіонах активного застосування зрошення (зокрема на півдні України) і найповніше розглядалася С.Ш. Мірзаєвим у 70-х роках минулого століття [2]. В досліджуваному регіоні такий підхід був реалізований при оцінці експлуатаційних запасів родовища мінеральних лікувальних вод «Нафтуса» [7] в добовому розрізі. Експлуатаційні запаси мінеральних вод при роботі водозабору протягом 9 годин в добу, тобто в режимі споживання води на курорті, підраховані в кількості 47,2 м<sup>3</sup>/9 год., а в перерахунку на цілодобовий режим становили 17,6 м<sup>3</sup>/добу за сумою категорій А+В+С<sub>1</sub> (протокол ДКЗ СРСР №6885 від 16.03.73). При переоцінці запасів у 2008 р. цей принцип не був урахований, запаси підраховані при максимальних відборах для найбільшого наповнення курорту, хоча обумовлювалися мінімальні відбори в міжсезоння. Пізніше оцінка запасів з врахуванням сезонності була виконана на ділянці «Поляна Джерельна» для Полянського родовища мінеральних вод при підрахунку експлуатаційних запасів по джерелах питних підземних вод. Враховуючи неможливість визначення достовірних даних добового та сезонного використання, запаси питних підземних вод ділянки "Поляна Джерельна" Полянського родовища були затверджені в цифрах річного використання (протокол ДКЗ України 3551 від 06.04.16).

У 2023 р. при підрахунку експлуатаційних запасів Модрицького родовища питних підземних вод цей принцип був реалізований повністю: затверджені експлуатаційні запаси питних вод склали 40,0 м<sup>3</sup>/добу при умовно рівномірному цілорічному режимі видобування, сумарний річний відбір дорівнює 14615 м<sup>3</sup>/рік. При цьому обумовлений максимальний відбір у кількості 55 м<sup>3</sup>/добу протягом 183 діб в році (протокол ДКЗ №5582 від 01.07.23).

На думку авторів звіту та надрокористувача такий підхід має значні переваги та є доцільним: по-перше, в піковий час потреба споживачів у якісній питній воді забезпечується на максимальну можливість родовища, адже щодоби можна видобувати на 15 м<sup>3</sup> води більше ніж звичайно. По друге, цей період зазвичай буває влітку, коли переважають щедрі опади, тому забезпеченість експлуатаційних запасів природними ресурсами безперечна, виснаження запасів чи зміна якісного складу малоімовірна. По третє, це доцільно в економічному плані, попит забезпечується на найвищих можливостях, відповідно зростає економічна доцільність експлуатації родовища. При спаді попиту в інші сезони відбувається деяке відновлення запасів

родовища, що теж раціонально з точки зору збереження природних ресурсів.

Матеріалом для цієї статті були результати детальних розвідувальних робіт на таких родовищах: Верхньосинеvidненському, «Нафтуся» та Східницькому мінеральних вод з підвищеним умістом органічних речовин, Підбузькому, Бистрівському, Янчурки та групі Помірецьких родовищ природних столових вод і Модрицькому питних підземних вод.

**Гідрогеологічні умови території.** Родовища підземних вод, аналіз яких наведено в статті, структурно лежать в Скибовій та Покутсько-Буковинській структурно-фаціальній зоні (СФЗ). Гідрогеологічно це Передкарпатська та Карпатська водоносні системи (ВС) I порядку, що є головним фактором, який визначає особливості поширення і формування підземних вод району. Гідрогеологічні умови складні та різноманітні, на що впливають такі геологічні чинники [3, 5]:

різноманіття літолого-петрографічних відмін порід як в плані, так і в розрізі; висока ступінь дислокованості порід ускладнених структурами різних порядків і тектонічною роздробленістю; перевага в розрізі глинистих різновидів і другорядність піскуватих порід.

Для родовищ у Карпатській ВС вмістилищем підземних вод є тріщинуваті колектори: пісковики, алевроліти, зкрем'янілі аргіліти, кремені, для родовищ у Передкарпатській ВС (точніше Внутрішній ВС II порядку) – колектори порово-тріщинні, представлені переважно лінзами та прошарками пісків та пісковиків (т. зв. гіпсо-глиниста «шапка»), конгломератів, алевролітів. В обох ВС переважають або мають значне поширення в плані та розрізі глинисті відміни, що значно ускладнює їх вивчення та зменшує колекторські властивості порід. З поверхні водоносні горизонти перекриті здебільшого четвертинними суглинками, супісками та глинами, рідше різновіковим алювієм (галечники та валуни з піщано-глинистим заповнювачем).

Внаслідок фаціальної мінливості, регіонально витримані водоносні горизонти відсутні. Прісні питні та природні столові води практично поширені в вигляді лінз, які сформувалися над горизонтами солоних та розсільних вод у теригенних утвореннях міоценових молас Прикарпаття [5]. Підосва продуктивних горизонтів залягає переважно на глибинах 50-75 м, інколи до 150 м. В Карпатській ВС це може бути і глибше але водоносність порід різко зменшується навіть у пісковикових відмінах.

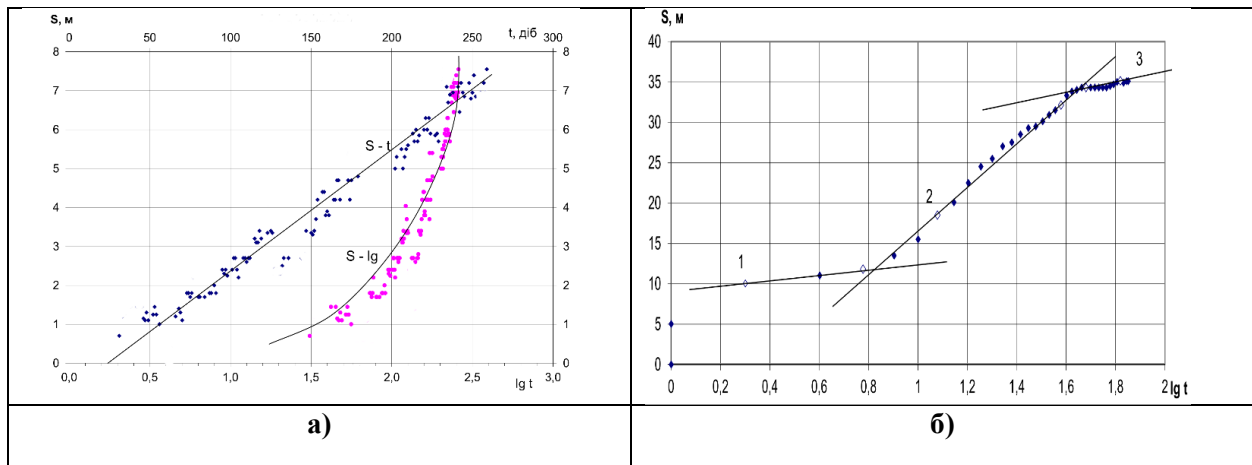
Отже, як в Карпатах, так і в Прикарпатті такі родовища фактично пов'язані з невеликими локальними покладами підземних вод.

**Граничні умови (ГУ)** цих ділянок бувають переважно 2-х типів [1]. У Передкарпатській ВС більшість таких родовищ розташовані на вододілах, де найбільш промиті моласові теригенні утворення переходять у глинисті відміни, що їх обмежують, тобто це ГУ IV типу: зміна фільтраційних властивостей на границі, які іноді можуть переходити в ГУ II типу з нульовою витратою ( $Q=0$ ).

Деякі родовища, переважно в Карпатській ВС лежать в долинах річок та мають з ними гідравлічний зв'язок, отже тут переважають граничні умови I типу ( $H=const$ ), які при перевищенні відборів можуть переходити в ГУ III типу. В першому випадку експлуатаційні запаси обмежені природними ресурсами, в другому мають додаткове живлення та режим експлуатації стаціонарний або близький до нього.

Граничні умови родовищ природних і лікувальних розсолів Прикарпаття детально вивчалися Ю.М. Жексембаєвим [3] у процесі розвідувальних робіт як на мінеральні води, так і на промислові розсоли. Ці родовища дещо відрізняються від родовищ прісних вод, в першу чергу приуроченістю їх до покладів кам'яних і калійних солей, хоча в гідродинамічному плані вони подібні. Основні висновки такі: в гіпсо-глинистій «шапці» водоносні лінзи і прошарки розділені слабопроникними або безводними зонами, але між добре промитими ділянками встановлюється гідравлічний зв'язок. Тому, в природних умовах розсолівмісні колектори в плані можна розглядати як єдиний гідравлічний комплекс у вигляді необмеженого пласту. У разі порушення природної гідродинамічної рівноваги, наприклад відкачуванням або експлуатацією водозабору, слабопроникні верстви починають відігравати роль граничних умов IV або II роду (рис. 1, а), при розташуванні водозабору в долині річки майже завжди проявляється додаткове живлення через пісковикові прошарки, тобто діє границя I роду ( $H=const$ ) (рис. 1, б).





**Рис. 1. Типові графіки простеження зниження рівня в координатах  $S-lgt$  для замкнутого пласта (а), (ГУ II типу,  $Q=0$ ) та з додатковим живленням (б), (ГУ I типу,  $H=const$ )**

Це сповна підтвердилося нашими розвідувальними роботами на родовищах природних столових та питних вод у районі курорту Трускавця. Характерні графіки на рисунку 1а отримані по спостережній свердловині на Північно-Помірецькому родовищі, що вказує на замкнутий пласт, межі якого приблизно проходять за 300-350 м від центральної свердловини. Аналогічні умови були діагностовані на Яружно-Помірецькому родовищі, по свердловині 16-рг на ділянці «Юзя» Трускавецького родовища в Прикарпатській ВС, на Верхньосиньовидненському та Східницькому (св. 18-с), Підбузькому родовищах у Карпатській ВС.

На таких родовищах формування експлуатаційних запасів відбувається тільки завдяки природним ресурсам горизонту, які забезпечуються інфільтрацією атмосферних опадів. Оскільки ці ділянки невеликі за розмірами, відповідно експлуатаційні запаси на них обмежені, загалом знаходяться в межах 20-40 м<sup>3</sup>/добу.

Форма графіка часового простеження зниження рівня на рис. 1,б (Бистрівське родовище промислових розсолів), дозволяє оцінити водовмісні породи як тріщинувате середовище з двома системами тріщин різного розкриття. На ньому чітко виділяються три ділянки: перша відповідає періоду несправжньої стаціонарної фільтрації, тривалістю всього 6 годин; ділянка II має крутішу форму і відповідає умовам фільтрації при середніх фільтраційних і ємкісних властивостях горизонту, тривалість цього періоду 36 годин. Третя ділянка графіка з дуже малим ухилом дозволяє зробити висновок про наявність додаткового живлення в кінці відкачки. Через погані фільтраційні властивості глинистих порід, водовідбір не повністю компенсувався за рахунок залучених вод, але темп зниження рівня різко зменшився. Отже, в умовах експлуатації буде діяти додаткове джерело живлення, яке забезпечить невеликі темпи зниження рівня розсолів.

Як показує досвід розвідувальних робіт в умовах Прикарпаття та Карпат [3], додаткове живлення при наявності поверхневих вод є майже завжди, зокрема проявилось при експлуатації Помірецького родовища, геологорозвідувальних роботах на Бистрівському родовищі природних столових вод. Підраховані експлуатаційні запаси на цих родовищах можуть досягають 80-100 м<sup>3</sup>/добу. Однак, на Верхньосиньовидненському родовищі, яке лежить в долині великої річки Стрий, граничні умови були інші, що пояснюється глибшим заляганням продуктивного горизонту та ізоляцією його значною пачкою аргілітів.

Іноді додаткове живлення може бути пов'язане з перехопленням розвантаження підземного потоку при розширенні депресійної лійки, як це було встановлено на Модрицькому родовищі питних вод. Експлуатаційна свердловина лежить майже на вододілі, схили якого порізано численними ярами та струмками, але в процесі тривалої дослідно-промислової розробки (ДПР) з відбором 50-60 м<sup>3</sup>/добу наступила стабілізація динамічного рівня, яка на цій ділянці могла бути забезпечена тільки перехопленням розвантаження горизонту в ярах.

**Підрахунок експлуатаційних запасів.** Зважаючи на викладене всі ці родовища за складністю гідрогеологічних умов відносяться до 3-ї групи – дуже складних. Відповідно

підрахунок експлуатаційних запасів має виконуватися переважно гідравлічним методом за результатами досвіду експлуатації або тривалої ДПР. Також доцільно використовувати математичне моделювання, як це було на Верхньосиньовидненському родовищі, яке підтвердило висновки гідрогеологічних досліджень, хоча при затвердженні запасів його не враховували.

Загалом методи та способи оцінки запасів у складних умовах викладені детально в спеціальній літературі [2, 6] й гідрогеологам відомі. Однак, для підтвердження отриманих емпіричних даних, а інколи й нарощування запасів нижчих категорій доцільно скористатися гідродинамічними методами, які враховують специфічні умови режиму видобування та використання підземних вод. Зокрема, для підрахунку запасів на Модрицькому родовищі були використані підходи оцінки запасів підземних вод для зрошування [2], в умовах замкнутих пластів доцільно використати гідродинамічні розрахунки з врахуванням інфільтраційного живлення в межах кругового пласта [6].

На Модрицькому родовищі за результатами тривалої ДПР (7 років) були визначені періоди максимальних і мінімальних відборів, тривалість яких зрештою була прийнята однакова – по півроку. Також враховувалися дебіти при тривалих дослідних відкачках, які зіставлялися з опадами в цей час для обґрунтування забезпеченості запасів. Величина максимального відбору обґрунтовувалася потребою надрокористувача, можливостями обладнання підприємства та аналізом збуту готової продукції в піковий сезон, але першочергово це залежало від природних ресурсів продуктивного горизонту. Семирічна ДПР дозволила з високою ймовірністю обґрунтувати можливість відбору в дощовий весняно-літній період 55 м<sup>3</sup>/добу, а в інший сезон відбір прогнозувався не більше 25 м<sup>3</sup>/добу.

Дослідними роботами та прогнозними обчисленнями оцінені експлуатаційні запаси питних підземних вод Модрицького родовища в такій кількості:

- для умов постійної безперервної експлуатації протягом року – 40,0 м<sup>3</sup>/добу, сумарний річний видобуток дорівнює 14615 м<sup>3</sup>/рік;

- для умов циклічного нерівномірного сезонного видобутку максимальний видобуток дорівнює 55 м<sup>3</sup>/добу протягом 183 діб у році, в решту часу не більше 25 м<sup>3</sup>/добу. Сумарно протягом року це становить:  $55 \cdot 183 + 25 \cdot 182 = 14615$  м<sup>3</sup>/рік.

**Категоризація експлуатаційних запасів.** Оскільки, відповідно до вимог запаси обліковуються при умові безперервної рівномірної експлуатації, що відповідає 40,0 м<sup>3</sup>/добу, категорії обґрунтовані тільки для такого режиму:

- до запасів категорії В (код класу 111) віднесений середній річний дебіт експлуатаційної свердловини протягом 2017-2022 рр., у кількості 16,0 м<sup>3</sup>/добу;

- до запасів категорії С<sub>1</sub> (код класу 122) у кількості 24,0 м<sup>3</sup>/д віднесено залишок між середньорічним дебітом у кількості 40,0 м<sup>3</sup>/д і кількістю запасів категорії В.

Відзначена можливість експлуатації родовища при нерівномірному циклічному режимі видобування з максимальним дебітом 55 м<sup>3</sup>/добу протягом 183 діб і з дебітом не більше 25 м<sup>3</sup>/добу протягом решти діб у році за умови не перевищення річного видобутку в кількості 14615 м<sup>3</sup>. На думку автора річний сумарний відбір теж має вказуватися в підсумковій таблиці запасів, яка наводиться у протоколі.

**Висновки.** Аналіз викладеного матеріалу показує важливість всебічного вивчення умов формування експлуатаційних запасів невеликих родовищ, використання різних методів і способів для їх достовірного підрахунку, обґрунтування забезпеченості з високою ймовірністю. Експлуатація невеликих родовищ підземних вод на теперішній час займає важливе місце серед водопостачання населення, оскільки вони лежать в кращих екологічних і санітарних умовах, для них простіше забезпечити норми належної охорони та збереження якості підземних вод і часто за останніми показниками вони відповідають нормативним без додаткової підготовки.

Нерівномірний або циклічний режим експлуатації водозабірної споруди в перерізі року має ряд переваг, які були наведені у вступній частині, тому доцільно його впроваджувати в роботу невеликих підприємств. Очевидно, що підрахунок експлуатаційних запасів на таких родовищах має здійснюватися з врахуванням такого режиму, тим паче що чинною інструкцією

це передбачено.

**Список використаних джерел:**

Боревский В.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. М., "Недра", 1979, 326с.

Дробноход М.І. Оцінка запасів підземних вод. Київ, Видавничий центр "Київський університет", 2008. 384 с.

Жексембаев Ю.М. Ресурсы основных типов минеральных вод северо-западной части Карпатского региона // Автореферат. Киев, 1991. – 18 с.

Інструкція із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. – К.: ДКЗ України. 2002.-28 с.

Кондратюк Є. І., Дідула Р.П. Деякі особливості формування лінз прісних вод у міоценових моласах Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. "Водні ресурси. Проблеми раціонального використання, охорони та відтворення" Мат. конф. Трускавець, 2007 р. с. 43-46.

Проектирование водозаборов подземных вод / Под ред. Ф.М. Бочевера. М., Стройиздат, 1976. – 292 с.

Якубенко П.П. Мінеральні лікувальні води "Нафтуся" Трускавецького родовища, нові дані з оцінки експлуатаційних запасів. / П.П. Якубенко, С.В. Івасівка, Є. І. Кондратюк/ Медична гідрологія та реабілітація. 2011. — Т. 9, № 1. — С. 48-62. — укр.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГОВОЇ МЕРЕЖІ ТРАНСКОРДОННИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД В РАМКАХ ПРОЄКТУ «EU WATERRES»**

*Павлюк Н.М., natalka1916@gmail.com;*

*Львівська ГРЕ, ДП «Західукргеологія», м. Львів, Україна,*

Моніторинг підземних вод, відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви, включає моніторинг хімічного та кількісного стану.

Кількісний моніторинг це спостереження за змінами рівнів підземних вод. В рамках проєкту «EU-Waterres», для організації моніторингу транскордонних підземних вод, ДП «Західукргеологія» отримала 11 сучасних комплектів датчиків рівня підземних вод «Autonomous Data Collector DCX-22 (SG/VG)». DCX-22 — це автономний інструмент із нержавіючої сталі, що живиться від батареї та здатний фіксувати та записувати глибину води і температуру протягом тривалого часу.

Прилади використовують цифрові технології з програмування, забезпечують безперервність запису рівнів та цифрову обробку отриманих даних. Для роботи з приладами використовується застосунок Logger 5.3, який придатний для програмування та зчитування цифрових даних з приладів вимірювання. Це виводить можливості аналізу та прогнозу на вищий рівень. Прилади буде доцільно застосувати у галузі інженерної геології при спостереженні за екзогенними геологічними процесами, проєктуванні інженерних споруд, контролю рівнів при видобуванні підземних вод (на водозаборах), гідротехнічних, меліоративних заходів, тощо.

Завдяки проєкту «EU-WATERRES» зроблено перший крок до створення сучасної моніторингової мережі спостережень за змінами рівнів підземних вод в Західному регіоні України.

## **THE TRANSBORDER GROUNDWATER MONITORING NETWORK MODERNIZATION WITHIN THE «EU WATERRES» PROJECT**

*Pavliuk N., natalka1916@gmail.com;*

*Lviv GE, DP «Zahidukrgeology», Lviv, Ukraine*

В сучасному світі проблеми забруднення довкілля набувають загрозливих масштабів. Дедалі частіше країни намагаються об'єднувати свої зусилля у вирішенні питань захисту навколишнього середовища шляхом вивчення та дослідження всіх складових природного середовища. Вивчається стан поверхневих та підземних вод, забруднення повітря, ґрунтів. Європейський Союз у 2000 році затвердив Рамкову Директиву з водних ресурсів (БРД). Метою Директиви є «забезпечення поступового зменшення забруднення ґрунтових вод та запобігання їх подальшого забруднення». Для вирішення цієї задачі «держави-члени забезпечують створення програм моніторингу стану вод».

Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року затверджено порядок здійснення державного моніторингу поверхневих та підземних вод. Об'єктами державного моніторингу є «масиви підземних вод (МПВ), в тому числі зони (території), які підлягають охороні». У межах басейну р. Вісли виділено та описано 9 МПВ, в тому числі 4 МПВ, у межах суббасейну р. Сян та 5 МПВ у межах суббасейну р. Західний Буг.

Основна мета державного моніторингу – збирання, обробка, збереження, узагальнення та аналіз інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін, та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для раціонального використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів.

При організації транскордонної мережі моніторингу підземних вод, між країнами-сусідами проходить узгодження стратегії ведення моніторингу. Основні положення викладаються у двосторонніх угодах, які забезпечують координацію розробки відповідних документів, обмін даними та результатами. Основна мета транскордонного моніторингу ґрунтових вод – запобігання негативних транскордонних впливів.

При організації транскордонного моніторингу підземних вод першочерговим завданням є:

1. визначення трансграничних масивів підземних вод та приграничних масивів підземних вод;
2. узгодження та ідентифікація водоносних горизонтів, які мають трансграничне залягання;

3. визначення транскордонних перетоків та їх напрямів;
4. визначення потенційних джерел забруднення підземних вод та шляхи міграції шкідливих речовин;

Моніторинг підземних вод, відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви, включає моніторинг хімічного стану та моніторинг кількісного стану.

Цілями кількісного моніторингу є спостереження за змінами рівневого режиму, оцінка впливу забору та скидів на рівень підземних вод для масивів, які мають ризик недосягнення екологічних цілей, а також оцінка напрямку та швидкості потоку підземних вод у межах транскордонних басейнів. Ключовим елементом кількісного моніторингу є ланцюг живлення-транзит-розвантаження. Важливим також є водний баланс та ступінь взаємодії між підземними, поверхневими та наземними екосистемами.

При веденні моніторингу хімічного стану, основні завдання полягають у визначенні фонового хімічного складу підземних вод, виявленні забруднення, що носять антропогенний характер. Основне завдання хімічного моніторингу- досягнення доброго екологічного стану.

Отже при організації транскордонної мережі моніторингу ґрунтових вод потрібно керуватись принципами:

- проводити моніторинг об'єктів підземних вод, які ідентифікуються як транскордонні;
- при розташуванні пунктів спостережної мережі потрібно враховувати напрями потоку підземних вод через державний кордон з метою виявлення міграції шкідливих речовин;
- форма та методи моніторингу ґрунтових вод узгоджуються та уніфікуються сусідніми державами для отримання надійних та достовірних даних;
- обсяг та частота кількісного моніторингу повинні забезпечувати достовірність оцінки мінливості транскордонних потоків;
- обсяг та частота хімічного моніторингу залежать від характеру антропогенних впливів в межах транскордонної території;
- методології вимірювання та дослідження повинні відповідати міжнародним стандартам.

Систематичний моніторинг за станом підземних вод проводить Львівська геолого-розвідувальна експедиція ДП «Західукргеологія» НАК «Надра України» з 1950-60 років минулого століття. Межі досліджень поширюються на Львівську, Тернопільську, Івано-Франківську, Закарпатську та Чернівецьку області, що в сумі складає понад 70 тис. км<sup>2</sup>. Протяжність цієї території складає приблизно 300км з заходу на схід та 350-400км з півночі на південь.

Комплекс польових робіт складається з інспектування спостережної мережі, що включає перевірку технічного стану свердловини, замір глибини свердловини, статичного рівня), проведення дослідних гідрогеологічних робіт (відкачки, заміру динамічного рівня, часу відновлення рівня, відбору проб на аналіз.

До тепер, вимірювання статичного рівня та глибини свердловини відбувається за допомогою ручного електрорівнеміра. Згідно затвердженої методики, заміри рівнів проводяться тричі на місяць. Недоліком такої методики є те, що у період між замірами, а це біля 10 діб у нас не має даних щодо змін рівнів, максимальних чи мінімальних значень, короткотермінової циклічності. А також те, що на результат впливає людський фактор і додаткові маніпуляції із внесенням замірів у електронні бази даних.

В рамках проекту «EU-Waterres», для можливості організації системи моніторингу підземних вод, що розташовані на транскордонних ділянках Західного регіону України, фахівці ДП «Західукргеологія» отримали 11 сучасних комплектів датчиків рівня підземних вод «Autonomous Data Collector DCX-22 (SG/VG)» (рис. 1), які можливо використовувати, як оф лайн так і он лайн. Прилади використовують цифрові технології з можливістю програмування, цифрової обробки отриманих даних і головне, безперервності запису даних, що суттєво покращує якість отриманих даних та виводить можливості аналізу та прогнозу на безперечно вищий якісно рівень.





**Рис. 1. Встановлення фахівцями ДП «Західукргеологія» електронного рівнеміра на спостережну свердловину**

DCX-22 — це автономний інструмент із нержавіючої сталі, що живиться від батареї з електронною функцією запису змін у часі глибини поверхні водоносного горизонту у свердловині (тиску) і температури протягом тривалого часу (рис. 2).



**Рис. 2. Електронний рівнемір DCX-22**

Для зчитування даних DCX-22 потрібно дістати із свердловини. Після цього торцеву кришку з ущільнювальним кільцем знімають, щоб отримати доступ до порту зчитування даних.

DCX-22 працює з датчиком абсолютного тиску. На невеликих глибинах, де слід враховувати вплив змін барометричного тиску, рекомендується застосовувати інший DCX-22-(Baro), який розміщується над поверхнею води для реєстрації барометричного тиску. На основі отриманих даних з двох датчиків спеціальне програмне забезпечення на ПК розраховує зміни перепадів тиску в часі та перераховує їх у зміну абсолютного рівня поверхні водоносного горизонту шляхом компенсації двох вимірюваних значень.

Для роботи з датчиками рівнів використовується застосунок Logger 5.3, який застосовується для програмування та зчитування цифрових даних з приладів вимірювання рівнів у свердловинах. Logger 5.3, як по інтерфейсу, так і по алгоритмах роботи достатньо практичний та багатофункціональний. Освоїти його, після нетривалого ознайомлення, зможе практично кожен середньостатистичний користувач персонального комп'ютера.

За допомогою Logger 5.3, на основі досить простих маніпуляцій, є можливість отримати з датчика та конвертувати у цифрові формати достовірні дані змін рівнів води. Досить швидко це стане звичайною рутинною роботою. Далі ж починається творчий період. Суть якого полягає у обробці накопиченого масиву статистичних даних по кожній окремі точці спостереження, формування єдиної бази по всій території досліджень, послідуєчого їх порівняльного аналізу, пошуку закономірностей, спільних характеристик та розбіжностей, визначення послідовностей та алгоритмів, прогнозів та рекомендацій.

Вбудовані у програму модулі, такі, як «Universal Text Converter», «Water Level Converter», «Data Graph Viewer» та інші, дають можливість оперативно зчитати інформацію, конвертувати її у файли з необхідним розширенням, наглядно вивести на поточні чи підсумовуючі графіки.

Data Graph Viewer дає змогу, ще на стадії обробки даних, отримати наглядний підсумовуючий графік, ще до того, як ви повернули датчики назад у свердловину.

Загальний же аналіз по всій території досліджень дасть уточнені дані по змінам стану основних водоносних горизонтів, взаємозв'язків між ними, прогнозу та перспектив використання та збереження підземних водних ресурсів, можливістю використовувати порівнюючі математичні моделі із поверхневими стоками, інтенсивністю та періодичністю опадів, температурних режимів... Поле діяльності безмежне, як і області використання.

Впровадження автоматичного вимірювання рівнів підземних вод це вагомий якісний та кількісний крок вперед у галузі моніторингу стану підземних вод. До цього часу, заміри рівнів, враховуючи значну площу досліджень, різновіддаленість до моніторингових свердловин, обмеженість людських та технічних ресурсів, проводилися раз на 10 днів. Такий стан речей не дозволяв повноцінно визначати зміни рівнів, так, як у періоди між замірами, у залежності від кліматичних, техногенних, гравітаційних, або інших факторів могли відбуватися певні незафіксовані скачки показників. Безперервність записів показів рівнів дасть додаткову інформацію, на основі аналізу якої можна буде отримати масу цікавої аналітики, висновків та нових рішень. Отримані багаторічні бази даних, приміємо до наших геолого-гідрогеологічних умов, на основі наукових досліджень відкриє дорогу новим відкриттям та новаціям. Аналіз подібної інформації буде доцільно застосувати у галузі інженерної геології при спостереженні за екзогенними геологічними процесами, проектуванні різного роду інженерних споруд, гідротехнічних заходів, агротехнічних, меліоративних впроваджень, контролю за видобуванням підземних вод тощо.

Підземні води – джерело питного водопостачання. Тому контроль за їх використанням є надважливим завданням суспільства. Важливість цього природного ресурсу вимагає комплексного моніторингу як підземних, так і поверхневих вод, аналізу сучасного стану та перспектив, співставлення з даними кліматичних змін, інтенсивності атмосферних опадів, антропогенного впливу, тощо. Одинадцять точок спостережень за змінами рівнів підземних водоносних горизонтів, які буде створено за допомоги проєкту «EU-WATERRES», це перший крок до створення повноцінної, широкомасштабної мережі збору подібних даних.





# ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ







## ПРИКЛАД ІСЛАНДІЇ У ВИКОРИСТАННІ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

**Баши́нська Ю.І.**, к. екон. н., , науковий співробітник, *yu.bashynska@ukr.net*,  
ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М.І. Долишнього» НАН України, м. Львів, Україна

Трансформація енергетичного сектору в Україні є актуальною та вкрай важливою з огляду на курс держави на підвищення енергоефективності та в перспективі досягнення незалежності від імпортованих енергоносіїв. В таких умовах постає питання дослідження та використання відновлюваних джерел енергії в Україні. Серед усіх відомих видів відновлюваних джерел енергії в Україні найменше використовується геотермальна енергія при тому, що країна володіє великими запасами цієї енергії і більшість цих родовищ є недостатньо дослідженими. Тому для України важливим є вивчення та аналіз досвіду використання геотермальної енергії інших країн, зокрема Ісландії, котра має позитивний досвід активного розвитку геотермальної енергетики.

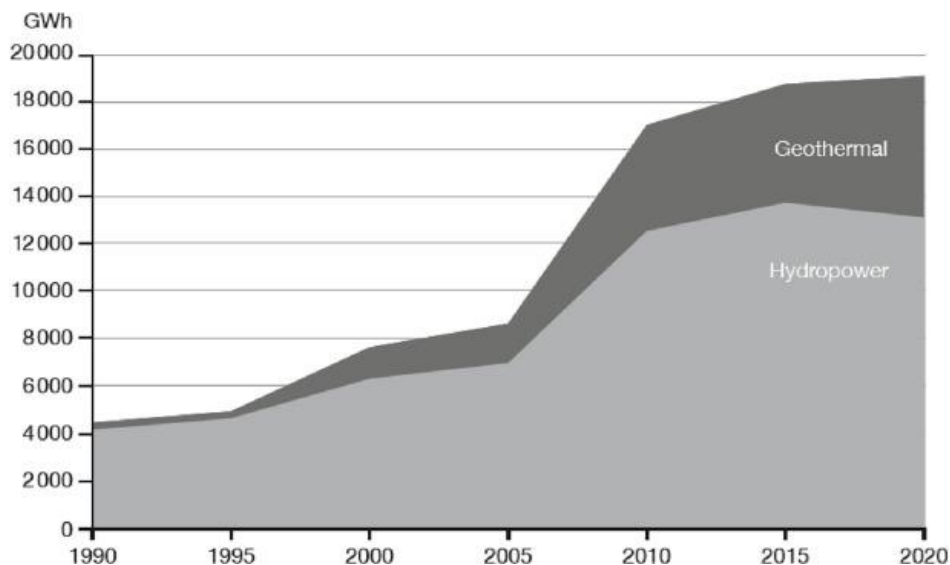
## ICELAND AS A EXAMPLE OF GEOTHERMAL ENERGY USAGE

**Bashynska Yu.**, Cand. Sci. (Econ.), researcher, *yu.bashynska@ukr.net*,  
State Institution "Institute of Regional Studies named after M. I. Dolishnyi"  
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

The transformation of the energy sector in Ukraine is urgent and extremely important in accordance to the state's course to increase energy efficiency and to achieve independence from imported supplies of energy sources in the perspective. In such conditions, the question of research and use of renewable energy sources in Ukraine arises. Among all known types of renewable energy sources, geothermal energy is the least used in Ukraine, despite the fact that the country has large reserves of this energy and most of these deposits are not explored enough. Therefore, it is important for Ukraine to study and analyze the experience of using geothermal energy in other countries, in particular Iceland, which has a positive experience of active development of geothermal energy.

Ісландія – піонер з розвитку геотермальної генеруючої інфраструктури протягом багатьох десятиліть, яка набула активного розвитку з 2000-х років (рис. 1) і все частіше використовується для енергоємних галузей - важкої промисловості, зокрема виплавки алюмінію. Крім виробництва електроенергії, геотермальне тепло або пара також використовуються для опалення приміщень і забезпечення гарячою водою, що є економічно вигідним в даних кліматичних умовах.

Ісландія виробляє понад 99% своєї електроенергії з відновлюваних джерел, а саме гідроелектроенергії (приблизно 80%) і геотермальної (приблизно 20%) (рис 1).



**Рис. 1. Виробництво електроенергії за джерелами в Ісландії, 1990–2019 рр. [1]**

Використання геотермальної енергії у сільському господарстві включає вирощування фруктів і овочів у теплицях, розведення риби в аквакультурних ставках і виробництво

водоростей для медичних і косметичних цілей. Промислові процеси включають переробку молока, пивоваріння, операції з прання та переробку пластику. Опалення житлових і робочих приміщень за допомогою геотермальної пари є особливо вигідним в країні з холодним кліматом впродовж року. Розвиток геотермальної енергетики в Ісландії є не лише перевагою для зайнятості місцевого населення та діяльності, що створює додану вартість, але також є джерелом інновацій та експорту технологій.

На додаток до цих переваг прямого використання, інженери геотермальної електростанції Hellisheiði на півдні Ісландії почали петрифікацію вуглекислого газу як метод виловлювання та зберігання вуглецю. Використовуючи геотермальні бурові інфраструктури та свердловини, вони вводять CO<sub>2</sub>, виловлений з повітря, у підземні базальтові породи, де він застигає у вигляді карбонату кальцію [3].

Ісландія є прикладом вдалої політики, коли негативні наслідки розробки геотермальних джерел компенсуються позитивними наслідками через пряме використання цієї енергії, таким чином змінюючи природні ландшафти на привабливе середовище, наприклад створення оздоровчих курортів та туристичних об'єктів, таких як Блакитна лагуна (Blue Lagoon) та грязьові ванни на озері Міватн (Lake Myvatn) [2]. В Україні також є успішні приклади розвитку територій на основі спорудження туристично-оздоровчих комплексів у Закарпатській області, де в басейнах використовуються підземні термальні джерела, котрі мають лікувальні властивості.

Україна володіє значними запасами геотермальних джерел енергії, котрі практично не використовувалися у довоєнний період і після повномасштабного вторгнення РФ також з очевидних причини. Найбільш перспективними регіонами України для розвитку геотермальної енергетики є східні: Луганська, Харківська, Донецька області, східна частина Дніпропетровської області з глибинами свердловин для геотермальних енергоустановок типу „труба в трубі” (ГТЕУ) до 3000 м; західна частина Дніпропетровської, Полтавська, Чернігівська та Сумська області з глибинами свердловин для ГТЕУ до 3500м. На заході країни: Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька та Закарпатська області з глибинами свердловин для ГТЕУ до 3000 м. На півдні: Одеська, Миколаївська, Херсонська області і весь Кримський півострів, де свердловини для ГТЕУ матимуть до 3000 м [4].

У 2015 р. Держенергоефективності України та Національна енергетична адміністрація Ісландії (Оркустофнун) підписали меморандум про взаєморозуміння у сферах енергоефективності та відновлюваної енергетики. В рамках меморандуму планувалося реалізовувати спільні проєкти щодо розвитку геотермальних ресурсів в Україні, у тому числі розроблятимуть пропозиції щодо покращення законодавства та інших механізмів впровадження результатів вищезгаданих досліджень [5].

#### Список використаних джерел:

1. International Energy Agency. Electricity Information, Iceland (2022). URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/electricity-information>, Accessed 11th Apr 2022
2. Clemens Greiner <sup>a</sup>, Britta Klagge <sup>b</sup>, Evelyne Atieno Owino <sup>c</sup> (2023). The political ecology of geothermal development: Green sacrifice zones or energy landscapes of value? URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103063>
3. Kolbert E. Under a white sky. The Nature of the Future, Crown, New York (2021)
4. Стародуб Ю.П., Карпенко В.М., Стасенко В.М. *Проєкт енергетичної безпеки України на основі власних геотермальних ресурсів.* // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. - 2012. - № 6. - С. 107-114. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldubzh\\_2012\\_6\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldubzh_2012_6_17)
5. Україна має значний потенціал використання геотермальної енергії. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). 15.03.2015р. Режим доступу: <https://www.sae.gov.ua/uk/news/545>

## НЕВИКОРИСТАНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗЕМНИХ НАДР: ГЕОТЕРМАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ ТА ІСПАНІЇ

*Лівенцева Г.А.<sup>1</sup>, к. геол. н., hannaliventseva@gmail.com,*

*Демчук Ю.В.<sup>2</sup>, магістр, м. н. с., 24yulya@gmail.com,*

*Попадинець Т.П.<sup>2</sup>, аспірант, taras.popadynets-a18522@nung.edu.ua,*

*1 – Geosciences Barcelona-CSIC, Барселона, Іспанія,*

*2 – Громадська організація «Геотермал Україна», м. Івано-Франківськ, Україна,*

Після закінчення війни Україна потребуватиме зміни моделі енергетичної системи та перебудови енергетичної інфраструктури. Значне місце у такій перебудові матиме відновлювальна енергетика, насамперед, геотермальна, функціонування якої не залежить від пори року, добових коливань температур, кліматичних особливостей території тощо. До безсумнівних переваг сучасних геотермальних установок варто віднести значно меншу уразливість від фізичних руйнувань.

Хоча геотермальні дослідження в Україні тривають від середини 50-х років минулого сторіччя, цей тип відновлюваної енергетики не набув значного поширення в Україні. Країни ЄС мають великий досвід у розробці та використанні геотермальних ресурсів, тому порівнюючи їхні практики з українськими, можна здобути новий цінний досвід для розвитку геотермальної екологічно чистої енергії в Україні. Іспанія, співмірна з Україною за територією, є однією з країн ЄС із значним природним потенціалом геотермальних джерел, але ситуація з використанням цього типу енергії аналогічна Україні.

Чому так, намагались розібратися автори даного матеріалу. Порівняння розвитку геотермальної енергії в обох країнах надасть корисні інсайти та вкаже на оптимальні підходи до розвитку цього виду відновлюваної енергії. Аналізуючи рівень використання геотермальної енергії в Україні та Іспанії, можна визначити, як доцільно використовувати цей ресурс у різних геологічних умовах та економічних обставинах.

## UNTAPPED GEOTHERMAL POTENTIAL: UKRAINE AND SPAIN

*Liventseva H.<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.), hannaliventseva@gmail.com,*

*Demchuk Yu.<sup>2</sup>, master degree, junior researcher, 24yulya@gmail.com,*

*Taras Popadynets<sup>2</sup>, graduate student, taras.popadynets-a18522@nung.edu.ua,*

*1 – Geosciences Barcelona-CSIC, Barcelona, Spain,*

*2 – NGO «Geothermal Ukraine», Ivano-Frankivsk, Ukraine*

After the end of the war, Ukraine will need to change the model of the energy system and rebuild the energy infrastructure. Renewable energy, first of all, geothermal, whose operation does not depend on the season, daily temperature fluctuations, climatic features of the territory, etc., will play a significant role in such a restructuring. Among the undoubted advantages of modern geothermal installations is much less vulnerability to physical destruction.

Although geothermal research in Ukraine has been going on since the mid-50s of the last century, this type of renewable energy has not gained significant popularity in Ukraine. EU countries have considerable experience in the development and use of geothermal resources, therefore, comparing their practices with Ukraine, it is possible to gain a valuable exchange for the development of geothermal ecologically clean energy in Ukraine. Spain, commensurate with Ukraine in terms of territory, is one of the EU countries with a significant potential of geothermal sources, but the situation with the use of this type of energy is similar to Ukraine.

Why so, the authors of this material tried to clarify. Comparing the development of geothermal energy in both countries will provide useful insights and indicate optimal approaches to the development of this type of renewable energy. Analyzing the level of use of geothermal energy in Ukraine and Spain, it is possible to determine how it is appropriate to use this resource in different geological conditions and economic circumstances.

**Виклад основного матеріалу.** Енергетична криза, спричинена віроломним вторгненням росії в Україну, прискорює перехід від викопного палива до відновлюваних джерел енергії. Наслідок – нагальна потреба у розгортанні стійких і екологічно чистих джерел енергії, зокрема, геотермальних. Геотермальні джерела енергії видаються одним із ефективних способів рішення забезпечення зростаючого попиту на енергію та досягнення амбіцій плану REPowerEU [1] Європейського Союзу та України зменшити свою залежність від імпортованого палива.

Метою дослідження є порівняльний аналіз та характеристика потенціалу геотермальних ресурсів України та Іспанії. Країни мають одну спільну рису щодо використання геотермального потенціалу – в обох країнах відчутний невикористаний потенціал земних надр. Що є спільного, а що відмінного?

Дослідження та розвиток геотермальних джерел енергії важливі для забезпечення сталого енергетичного майбутнього країн, стабільного постачання енергії, зменшення енергетичної залежності та негативного впливу на довкілля.

Геотермальна енергія – потенціал, накопичений у формі теплової енергії під твердим шаром земної поверхні. Україна та Іспанія мають значний геотермальний потенціал (табл. 1) для розвитку цієї відновлюваної та екологічно чистої галузі енергетики.

**Таблиця 1**

**Потенціал ресурсів геотермальної енергії в Україні та Іспанії**

	<b>Україна</b>	<b>Іспанія</b>
<b>Потенціал ресурсів геотермальної енергії</b>	<b>*438•10<sup>9</sup> кВт год/ рік</b>	<b>**610 GWt</b>

*\*Загальний потенціал ресурсів геотермальної енергії України, затверджений в Програмі державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, малої гідро- та теплоенергетики.*

*\*\*<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115013374#:~:text=Abstract,and%20binary%20cycle%20electricity%20production>.*

Геотермальні ресурси України представлені переважно термальними водами та теплом гарячих сухих порід. Крім перспективних для використання в промислових масштабах, геотермальні ресурси містять підігріті підземні водні ресурси, які отримують з діючих свердловин нафтових і газових родовищ [2]. Сукупна геотермальна потужність Іспанії може сягати навіть 700 ГВт. Це незрівнянно більше ніж поточна встановлена геотермальна потужність в країні. Такий результат можливий за умови буріння свердловин глибиною від 3 до 10 тис. м та застосування удосконалених геотермальних систем.

**Геологічна будова перспективних геотермальних областей**

Найбільш сприятливими геотермічними умовами для освоєння гідротермальних ресурсів в Україні характеризується західний, східний та південний регіони, які приурочені до нафтогазоносних областей України та відповідають таким тектонічним структурам (Рис.1):

1. Західний регіон – Прикарпатський передгірний прогин (Львівська, Івано-Франківська, частково Чернівецька області) та Закарпатський внутрішній прогин (Закарпатська область). Передкарпатський та Закарпатський прогини є молодими альпійськими областями.

2. Східний – Дніпровсько-Донецька западина (Чернігівська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська області) – ступінчасте зниження докембрійського фундаменту типу ровоподібного прогину – авлакогену. Головним елементом западини є центральний грабен, заповнений товщею інтенсивно дислокованих осадово-вулканогенних відкладів девонського й осадових відкладів кам'яновугільного й пермського періодів, поперечними блоками розчленованих на блоки.

3. Причорноморська западина (узбережжя Чорного моря -Херсонська та Одеська області) та Скіфська плита (Степовий Крим). У структурному відношенні Причорноморська западина є порівняно молодою накладеною структурою. Докембрійський осадово-метаморфічний комплекс є фундаментом западини – заглибленим продовженням Українського щита. Скіфська плита – платформенна область з байкальським або частково герцинським фундаментом, прикритим потужним осадовим чохлам.

Петрогеотермальні ресурси (тепло перегрітих «сухих» порід на глибині понад 4500 м) поширені на всій території України, але найменша глибина їх залягання спостерігається в Закарпатті, внутрішній зоні Прикарпаття і південній частині Одеської і Херсонської областей. Системи петрогеотермального енергопостачання доцільно створювати у системі тепlopостачання великих міст України і окремих районів з аномально високими геотермальними градієнтами, до яких насамперед належать: Закарпатський прогин, Зовнішня зона Прикарпатського прогину та узбережжя Чорного моря.



Рис. 1. Основні тектонічні структури України

Таблиця 2

Характеристики перспективних районів [4]

№	Регіон	Інтервал глибин	Середня температура порід, °С	Площа родовища, км <sup>2</sup>	Геологічні запаси теплової енергії, %	Можлива потужність, тис. МВт
1	Закарпаття	3-6	210-250	50-130	8,5	5,8
2	Прикарпаття	4-7	200	600	6,7	4,6
3	Крим	4-7	200-220	300-500	15,3	10,5
4	Території на сході України	5-7	185-217	660-2800	70	48
Всього					100	70

Основні тектонічні структури Іспанії (рис.2):

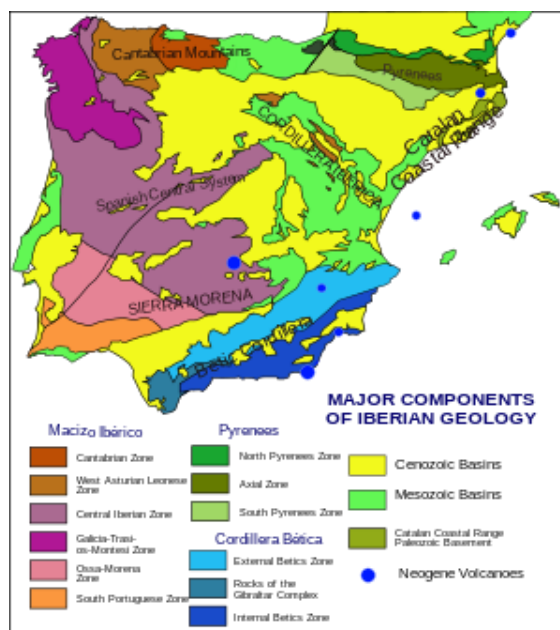


Рис. 2. Основні тектонічні структури Піренейського півострова [10]



1. Ядро Піренейського/Іберійського півострова (Месета) займає 60% його території і є герцинським кратонним блоком, відомим як Іберійський масив. Ядро займає територію від Галісії на півночі до Сьєрра-Морени на півдні.

2. Три масиви, витягнуті із заходу на схід: Астурійсько-Леонський масив, Центральні Кордильєри та гори Толедо з висотами від 1400 до 2500 м.

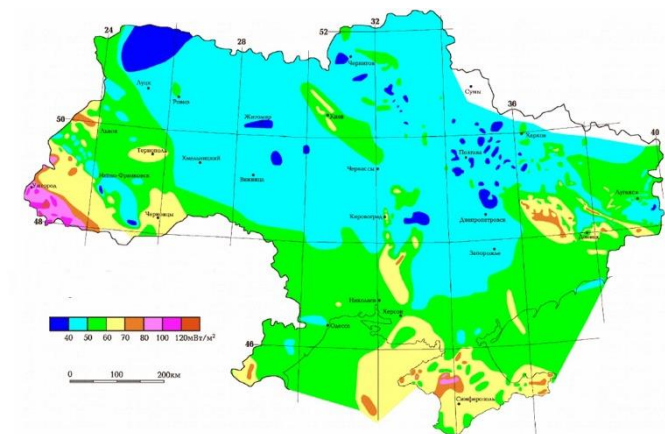
3. Дві широкі западини: північна, дренована річкою Дуєро і називається Північною Месетою або Старою Кастилією, і південна, дренована річками Тахо і Гвадіаною і називається Південною Месетою або Новою Кастилією. Їхні середні висоти коливаються відповідно від 800 до 600 м [6].

Отже, центральна частина Піренейського півострова зайнята герцинськими складчастими спорудами та епігерцинськими платформами, в той час як північний схід, схід та південь представлені областями альпійської складчатості. Докембрійські стабільні платформені ділянки практично відсутні.

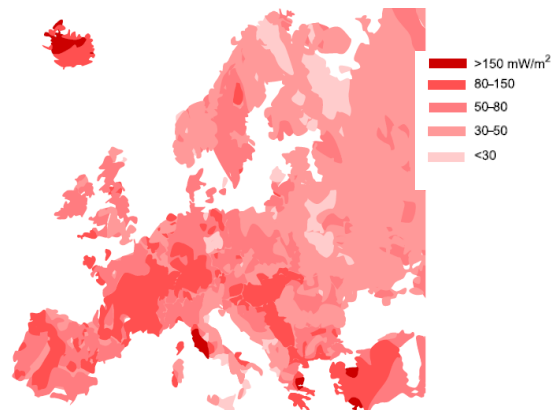
Плоскогір'я та гори займають до 90% поверхні країни, тому Іспанію називають найвисокогірнішою, після Швейцарії) країною Європи – майже четверта частина її території знаходиться на висоті вище 700 м над рівнем моря, а середня висота території перевищує 650 м.

### *Значення теплового потоку*

Розподіл геотермальних ресурсів в Україні та Іспанії в першу чергу визначається величинами теплового потоку (рис. 3, рис. 4) та наявністю високопроникних пористих або тріщинно-жильних колекторів. Формування величини теплового потоку залежить від геологічного віку місцевості та активності тектонічних і магматичних процесів, що супроводжуються виділенням величезної кількості енергії із надр землі.



**Рис. 3. Глибинний тепловий потік України [3]**



**Рис. 4. Карта теплового потоку Європи [5]**

### *Характеристика теплового потоку України*

За значеннями теплового потоку територія України поділяється на три зони:

1. Низькі значення теплового потоку 22-60 мВт/м<sup>2</sup>, де геотермальний градієнт у більшості випадків не перевищує 2°C/100 м. До нього належать відносно молодих області складчастості, такі як Кримські гори та Карпати.

2. Проміжні значення теплового потоку (50-70 мВт/м<sup>2</sup>) відповідають структурам, що завершили свій розвиток у палеозої. До них належать Степовий Крим, Донецький складчастий пояс, Передкарпаття. Центральна частина Дніпровсько-Донецької западини характеризується відносно сприятливими геотермічними умовами, в межах яких тепловий потік коливається від 70-90 мВт/м<sup>2</sup>.

3. Високі значення теплового потоку (понад 80 мВт/м<sup>2</sup>) та геотермічного градієнту (7-8,4°C/100 м) спостерігаються в Закарпатському прогині, в центральній частині Кримського півострова та Причорноморському басейні.

### *Характеристика теплового потоку Іспанії*

Для розрахунку геотермічних градієнтів та оцінки теплового потоку були використані результати термометрії у численних свердловинах. Середнє значення теплового потоку в Іспанії (на Піренейському півострові) значно перевищує середньостатистичний європейський потік. На суходолі значення теплового потоку становить 82 мВт/м<sup>2</sup>, у прилеглих морських районах досягає 99 мВт/м<sup>2</sup>.

Між тепловим потоком і товщиною земної кори існує негативна кореляція. Тепловий потік зазвичай зростає від центральної частини півострова (82 мВт/м<sup>2</sup>) до узбережжя Середземного моря (95 мВт/м<sup>2</sup>), тоді як товщина земної кори зменшується з 36 км біля Месети до 27 км у прибережній зоні. Чим тонша кора, тим більший внесок теплового потоку верхньої мантії. Подібним чином розраховані температури Мохо збільшуються від 720°C в районі Месети до 880°C під Картахеною [7].

### *Температурний розподіл*

В межах території України температури на глибині 0,5 км варіюють у межах – від 13 до 43°C. Низькі значення характерні для Українського щита та його схилів, підвищені – для осадових басейнів, особливо – Закарпатського прогину, де на глибині 4 км спостерігаються аномалії в понад 200°C. На Донбасі чітко проявляється приуроченість аномалій температури до певних структур, насамперед – до проникних розломів, що свідчить про значний внесок конвективного перенесення тепла флюїдами у формуванні теплового поля навіть на такій незначній глибині. Загальний діапазон температури на глибині 3 км становить приблизно 55-145°C [3] (рис. 5).

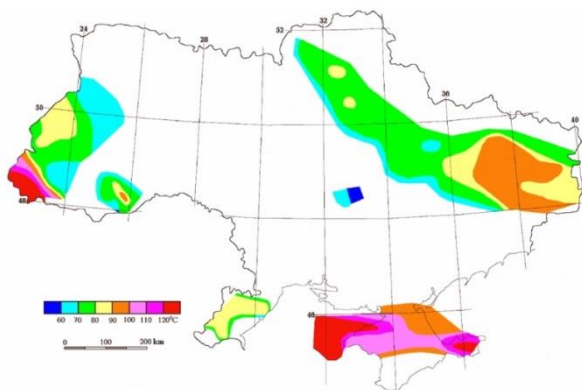


Рис. 5. Заміри температури на глибині 3 км в Україні [3]

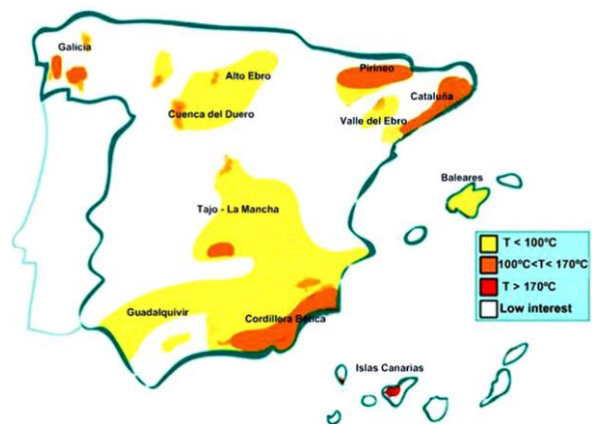


Рис. 6. Розподіл і температурний рівень геотермальних зон на території Іспанії [5]

Геотермальні ресурси Іспанії характеризуються широким температурним діапазоном від дуже низькотемпературних (0-30 °C) до дуже високотемпературних (понад 170°C) (рис.6).

Дуже низькотемпературні геотермальні ресурси (0-30°C) є по всій території Іспанії та використовуються для кондиціонування і як чиста вода в побутовій сфері.

Низько- та середньо-температурних геотермальних ресурси з температурами 30-100 °C пов'язані з кайнозойськими басейнами: Ебро, Дуеро, Тахо-Ла-Манча, Гвадалквівір, та Північно-Кантабрійський, а також з Піренейським Герцинським масивом. Використовуються на курортах, у промисловості, теплицях і рибних фермах.

Високотемпературні геотермальні ресурси поширені у зонах альпійської складчастості, що охоплює, зокрема, Піреней, Каталонські Берегові Хребти, Кордільєра Бетіка. Температура 100-170 °C. Використання: кондиціонування і чиста вода в побутовій сфері.

Дуже високотемпературні геотермальні ресурси (понад 170°C) приурочені до Канарської вулканічної провінції. Використання: виробництво електроенергії на геотермальних установках.

На глибині 5 км температура земної кори коливається від 75°C до 150°C з локальними максимумами, розташованими в Іберійському масиві та на південно-східній і північно-східній вулканічних провінціях. Подібна картина спостерігається на глибині 10 км, де температура коливається від 200 до 275 °C, з локальними аномаліями до 290 °C [8].

### ***Наявні потужності та перспективи***

В Україні попри значну вивченість потенційних місць впровадження, практичне застосування цього напрямку досить обмежене. Реалізовані в Україні проекти геотермального енергопостачання мали переважно фрагментарно-локальний характер і були спрямовані на забезпечення потреб у тепло- та електроенергії конкретних об'єктів або невеликих комплексів їх в окремих населених пунктах. Сьогодні низькотемпературні (40–70°C) термальні води Закарпаття використовуються переважно в бальнеологічних, а також лікувально-рекреаційних цілях (Берегово, Косино, Теребля, Велятино), а низькоентальпійні геотермальні ресурси Криму – в основному для тепlopостачання. Кримські термальні води використовують на курортах Саки та Євпаторія, а також у деяких населених пунктах для купання та опалення.

В Україні немає встановлених потужностей для виробництва електроенергії та є лише 1,5 МВт теплової потужності для опалення. На відміну від інших відновлюваних джерел енергії темпи нарощування виробничих потужностей геотермальної енергетики в Україні відбуваються значно повільніше. Це пояснюється додатковими початковими капітальними вкладеннями, що включають не тільки затрати на енергетичне обладнання для перетворення геотермальних джерел енергії, а також і витрати на бурильні роботи [2].

В Іспанії геотермальні ресурси з високою температурою (понад 150°C), які знаходяться на кількох кілометрах глибини, використовуються в основному для виробництва електричної енергії. Але іспанські фахівці скаржаться на те, що рівень реалізації геотермальних проєктів майже нульовий. Хоча ще 40 років тому було відомо, що Іспанія має дуже високий потенціал використання геотермальної енергії в різних сферах, особливо на Канарських островах і в Каталонії. Головною причиною такого стану речей називають відсутність державних інвестицій у геотермальну розвідку та дослідження, дієвих механізмів зменшення геологічного ризику, як у Франції та Німеччині.

Геотермальні ресурси із середньою та низькою температурою (30-150°C), забезпечують опалення та гаряче водопостачання у містах, на курортах, у промисловості, для теплиць чи рибних фермах. Ця категорія геотермальних ресурсів також не набула широкого використання.

Ентальпійні або неглибокі геотермальні ресурси (менше 30°C), підходять для опалення, охолодження та гарячого водопостачання в будівлях і будинках. Неглибока геотермальна енергетика Іспанії останніми роками продовжує стабільно зростати, оскільки вона стає популярною та частіше використовується в підсекторі реконструкції будівель. Тобто, низькотемпературна геотермальна енергія (мілка або дуже низькотемпературна геотермальна енергія), яка використовується для охолодження та опалення, вже давно є реальністю в Іспанії [8, 9].

Хоча геотермальні ресурси присутні по всій території Іспанії, широкого використання вони не набули. Причин може бути дві: дешевий американський, африканський та російський газ та переважне використання геотермальної енергії опалення будинків. В Іспанії потреби в цій опції традиційно невеликі.

Перешкодами для розвитку геотермальної енергетики як в Україні, так і Іспанії є висока вартість буріння, наявність ґрунтових вод та системні прогалини в нормативно-правовій базі.

**Висновок.** Україна та Іспанія мають значний потенціал геотермальної енергії. Звісно, країни мають як спільні геологічні риси (3/4 територія України в геологічному відношенні – «холодний» кристалічний масив, герцинське ядро Месета займає більшу частину території Іспанії), так і дуже відмінні, зокрема, що стосується зони активного вулканізму в Іспанії.

Історія розвитку вивчення геотермальних джерел енергії в Україні та Іспанії має спільні етапи. Сплеск досліджень у 1980-х роках, відсутність нових результатів у 2000, реальна зацікавленість у період з 2010 року.

Подібні причини невикористаного геотермального потенціалу земних надр: дешевий імпортований природний газ, законодавчі прогалини, відсутність політичної волі відповідальних за напрям посадових осіб.

В Україні найбільш перспективними регіонами для розвитку геотермальної енергетики є Закарпатський прогин, Дніпровсько-Донецька западина та Причорноморський басейн, які приурочені до основних районів видобутку нафти і газу. Наявний фонд ліквідованих та законсервованих свердловин дозволяє розглядати ці регіони як перспективні з точки зору перепрофілювання даних свердловин у геотермальні. В Україні цей підхід ще не реалізовано, тому критично важливо дослідити доцільність перепрофілювання ліквідованих та непродуктивних нафтогазових свердловин для виробництва геотермальної енергії.

Щодо Іспанії у частині виробництва електроенергії, системи гарячих сухих порід пріоритетні для Іберійського масиву. Системи гарячих осадових водоносних горизонтів з найбільшим потенціалом будуть експлуатуватися у східних областях з тонкою літосферою та на Середземноморській окраїні Іберійського півострова.

Піренейський масив та Середземноморська окраїна демонструють найвищий потенціал геотермальних ресурсів, і, відповідно, мають бути пріоритетними для майбутніх досліджень [8,9].

Розвиток геотермальних джерел в Україні та Іспанії дасть можливість значно зменшити викиди вуглецю та збільшити постачання енергетичних ресурсів, насамперед для покриття місцевого попиту, а потім – для забезпечення енергетичної безпеки і незалежності та подолання енергетичної кризи, викликані повномасштабним вторгненням росії в Україну.

#### **Список використаних джерел:**

1. Програма REpowerEU: План стрімкого зниження залежності від російського викопного палива і швидкого просування «зеленого переходу» Брюссель, 2022. Доступно онлайн: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020.
3. В.В. Гордиенко, И.В. Гордиенко, О.В. Завгородняя, И.М. Логвинов, В.Н. Тарасов, О.В. Усенко Геотермический атлас Украины, Киев, 2004.
4. В. Крамар, Є. Олійник, Аналіз Потенціалу Використання Вторинних Теплових Ресурсів та Геотермальної Енергії для Централізованого Теплопостачання в Україні, ГО «Агентство з відновлюваної енергетики», Київ, 2022
5. Antonio Colmenar-Santos, Martin Folch-Calvo, Enrique Rosales-Asensio, David Borge-Diez, The geothermal potential in Spain. Доступно онлайн: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115013374>
6. The Iberian Massif. Доступно онлайн: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-17346-4\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-17346-4_12)
7. Heat Flow and Temperature Gradient Data from Spain J. F. Albert-Beltrán Доступно онлайн [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95357-6\\_27](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95357-6_27)
8. Advances in the modeling of the Iberian thermal lithosphere and perspectives on deep geothermal studies. Доступно онлайн: <https://geothermal-energy-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40517-023-00246-6>
9. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://europeangeothermalcongress.eu/wp-content/uploads/2019/07/CUR-27-Spain.pdf
10. Iberian Tectonic Plate. Доступно онлайн: <http://eurasiatectonics.weebly.com/iberian-plate.html>

## ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ, МОЛДОВИ, РУМУНІЇ ТА АЗЕРБАЙДЖАНУ

*Багрій І.Д., д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net;*

*Васильєва І.В., м.н.с. vasilieva1982@ukr.net;*

*Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

Впровадження глобальних енергетичних проєктів з комплексного вирішення питань розвитку енергетики відновлюваних джерел має всі необхідні умови для виробництва, акумуляції та транспортування зеленого водню.

Обґрунтовано вирішальну роль України, Молдови, Румунії, Азербайджану у наукових розробках на зелений водень. Вперше в світовій практиці запропоноване впровадження глобальних проєктів з виробництва зеленого водню, що здатне докорінно змінити ставлення до відновлюваної енергетики.

Конструктивне вирішення глобальної енергетичної проблеми має враховувати геологічну будову, еколого-кліматичні характеристики, новітні інноваційні технології тощо. При цьому використання значних обсягів прісних поверхневих вод без нанесення шкоди довкіллю є одним з найважливіших аспектів цієї проблеми.

Визначено території водної поверхні для енергетично-зеленоводневих споруд у Придунайсько-Передбруджинській зоні (Україна, Молдова, Румунія), нижньому Придніпров'ї, Чорнобильській зоні відчуження (р. Прип'ять), Закарпатті (басейни річок Латориця та Тиса), Азербайджані (басейни річок Кура, Аракс, морська акваторія Кизилгатського морського заповідника) та підраховано їх приблизну площу.

## ENVIRONMENTAL AND ENERGY ASPECTS OF DECARBONIZATION IN UKRAINE, MOLDOVA, ROMANIA AND AZERBAIJAN

*Bahrii I., Dr. Sci. (Geol.), Professor, bagrid@ukr.net;*

*Vasylieva I., Junior Researcher, vasilieva1982@ukr.net;*

*Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine*

The implementation of global energy projects of comprehensive solutions to the development of energy from renewable sources has all the necessary conditions for the production, storage and transportation of green hydrogen.

The decisive role of Ukraine, Moldova, Romania and Azerbaijan in the scientific development of green hydrogen substantiates in the publication. The implementation of global projects for the production of green hydrogen proposes for the first time in world practice. This can fundamentally change the attitude towards renewable energy.

A constructive solution to the global energy problem must take into account the geological structure, ecological and climatic features, the latest innovative technologies, etc. At the same time, using significant volumes of fresh surface water without harming the environment is one of the most important aspects of this problem.

Hydrogen surface areas for energy and green hydrogen facilities have been determined in the Danube-Peddobrud region (Ukraine, Moldova, Romania), the lower Dnipro, the Chernobyl Exclusion Zone (Prypyat River), Transcarpathia (Latoritsa and Tisza river basins), Azerbaijan (basins of the Kura, Arax rivers, the sea water area of the Kyzylagat marine reserve) and their approximate area is calculated.

**Вступ.** Сталий розвиток використання відновлюваних джерел енергії викликав глобальну еколого-енергетичну трансформацію: водень було визначено як важливу складову енергетичної галузі, враховуючи наростаючий сплеск світової зацікавленості. У минулому водень привертав велику увагу, але залишався незайнятою нішею в світовому енергетичному дискурсі. Сьогодні фокус світової енергетичної політики є безпрецедентним, враховуючи його ключову роль у декарбонізації енергетики.

Найважливішим є той факт, що «зелений» водень може стати головним чинником зменшення глобальних викидів і досягнення кліматичної нейтральності, не тільки не перешкоджаючи економічному та соціальному розвитку, а й виступаючи надійним двигуном прогресу та екологічною запорукою майбутнього планети.

Згодом це може навіть призвести до абсолютно нової економічної географії промислової діяльності. В теперішній час уряди різних країн мають унікальну можливість сформулювати масштабні проєкти зеленого водню, сприяючи створенню ринків, уникаючи існуючих обмежень і неефективності, а також впливаючи на геополітичні результати в напрямку чистіших і більш справедливих енергетичних систем.

Україна, Молдова, Румунія та Азербайджан ідеально розташовані для того, щоб стати потужними постачальниками «зеленого» водню для власних потреб та для європейської спільноти. Ці країни, враховуючи міжнародний досвід створення сонячних станцій на водних об'єктах, мають величезний невикористаний потенціал перспективних площ для створення



унікальних об'єктів сонячних плавучих станцій та значних об'ємів прісноводних ресурсів, для отримання майже невичерпних джерел екологічного зеленого водню.

У процесі фундаментально-прикладних досліджень будуть впроваджені новітні підходи з обґрунтування спектру природних умов формування зеленого водню на основі геологічних критеріальних ознак нафтогазоносних структур, сонячної, вітрової та водної складової з урахуванням широкого спектру екологічної безпеки навколишнього середовища та використанням світового досвіду.

**Реалізація глобальних водноенергетичних проєктів – декарбонізації.** Початково СЕС розташовуватися на поверхні землі на спеціальних опорах або треках. Ця відпрацьована технологія, яка за масовістю переходу на сонячну енергетику, загрожує втратою багатьох тисяч гектарів родючої (або придатної для будівництва) землі. Цей аспект вже давно розглядається в державах з обмеженими земельними ресурсами (Японія, Британія).

В останні роки все більше країн будують плавучі СЕС, які на воді не займають корисну територію та ефективно охолоджуються. Проєкти плавучих сонячних електростанцій реалізовані у Швейцарії, Китаї, Японії, Великій Британії та Австрії. У Португалії до використання введена гібридна електростанція, що поєднує у собі ГЕС та СЕС.

Плавуча сонячна електростанція – це комплект сонячних панелей, закріплених на плаваючих платформах.

Існують, щоправда, деякі обмеження, головне з яких стосується типу водної акваторії. Для облаштування навідних СЕС краще підходять внутрішні водоймища, на яких хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму, хоча ніхто не забороняє використовувати рухомі СЕС з можливістю їх простої сезонної установки.

Крім економії земельного ресурсу, плавучі СЕС мають інші позитивні особливості:

- рівень інсоляції на воді значно вищий завдяки відбитим променям, що прямо впливає на продуктивність у дні меншої активності сонця;
- температура над водною гладдю влітку нижча за ту, яка присутня в межах сонячних електростанцій, встановлених на землі, що також прямо впливає на продуктивність сонячних панелей.

Крім того, сонячні електростанції, що плавають, можуть похвалитися й іншими перевагами. Наприклад, вони сприяють зменшенню цвітіння токсичних водоростей у водоймах. Крім того, вони можуть бути одночасно використані як рибні заводи.

За рахунок впровадження системи відстеження сонця ефективність виробництва електроенергії Sunflower Solar Power Plant на 22 % вище, ніж у порівнянних за розмірами наземних СЕС.

**Південна Корея.** «Виробництво відновлюваної енергії стане поворотним пунктом для всього енергетичного бізнесу Кореї і дозволить нам бути конкурентоспроможними у цій сфері на світовій арені», – заявив Мун Чже Ін.

На 2018 р. Південна Корея виробляла лише 8% енергії з відновлюваних джерел (ВДД), і такий стан речей влада країни вважала «вкрай недостатнім». З метою збільшення частки ВДД держава виділила 8,8 млрд \$, які мали повністю модернізувати енергетичну галузь. Заплановано, що 2030 р. країна побудує сонячних електростанцій на 30,8 ГВт. План також передбачав будівництво сонячного парку на 3 ГВт у 2022 р., який є найбільшим у світі. Про це на саміті в Семангімі оголосив президент Мун Чже Ін. Також, країна планує отримувати 20% усієї енергії з чистих джерел до 2030 р. (рис.1).



**Рис. 1. Макет плавучої СЕС, яку планує встановити на водоймищі Deoku південнокорейська компанія Solkiss. Потужність електростанції становитиме 2,67 МВт**

**Китай.** У 2017 р. в країні було запущено СЕС з піковою потужністю 40 МВт у місті Хуайнань провінції Аньхой. Для її встановлення було обрано озеро штучного походження, яке утворилося в кратері гірничодобувного підприємства.

Роком раніше в цьому ж районі було запущено плавучу сонячну електростанцію з встановленою потужністю 20 МВт.

**Японія.** В країні розташована СЕС з піковою потужністю 13,8 МВт від компанії Куосега, яка займає площу 180 км<sup>2</sup>. Станцію побудовано на одному з водосховищ в префектурі Чіба на сході країни. На поверхні води встановлено більше 50 тис. сонячних модулів. Очікується, що нова СЕС генеруватиме більше 16 тис. МВт на рік, чого достатньо для забезпечення енергопотреб близько 5 тис. домогосподарств.

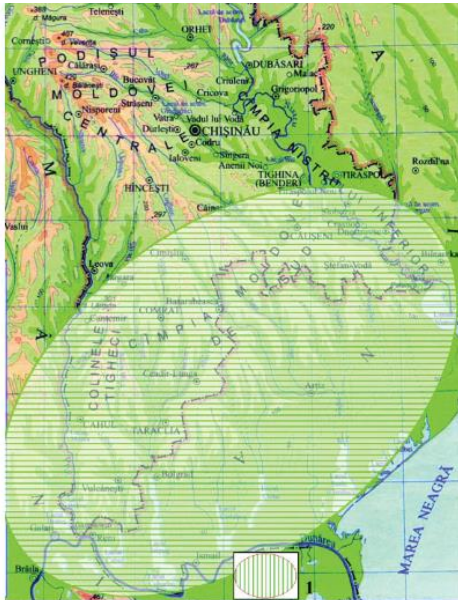
У компанії підраховали, що робота станції дозволить зменшити шкідливі викиди CO<sub>2</sub> на 8,170 тон на рік, що дорівнює 19 тис. спожитим барелям нафти.

Це вже не перша сонячна електростанція Куосега, побудована на воді. З 2014 року компанія ввела в експлуатацію три подібні об'єкти. Їх потужність становила 1,2, 1,7 і 2,3 МВт.

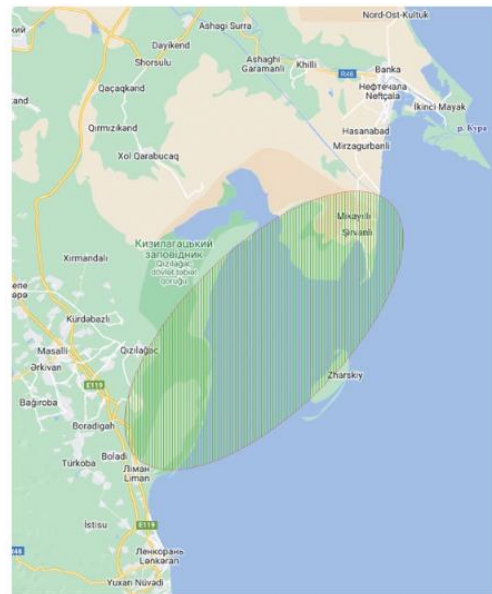
**Таїланд.** В країні побудована перша СЕС. Будівельники встановили 144 тисячі сонячних панелей на 120 га води, що розташовані на тайській греблі Сіріндхорн, яка перекриває річку Лам Дом Ной і вважається найбільшим водним ресурсом провінції Убонратчатхані. Завдяки розташуванню на воді для будівництва станції не знадобилися великі території землі. Будівельники запевняють, що споруда не завадить риbam – панелі встановлені під кутом, щоб у водний простір теж надходило світло і потрапляли поживні речовини. Потужність СЕС складає 45 МВт.

**Аналіз та оцінка водних ресурсів для виробництва зеленого водню.** В процесі проведених досліджень обґрунтовані геологічні, гідролого-гідрогеологічні природно-кліматичні умови та, головне, наявність достатньої кількості прісних вод (мілководні лимани) України, Молдови, Румунії та Азербайджану, що впадають в морські акваторії (рис. 2, 3)

Особливості географії розташування запропонованих ділянок України, Молдови, Румунії та Азербайджану для виробництва зеленого водню, виходячи з екологічно безпечних умов щодо збереження довкілля, передбачають наявність таких необхідних генеруючих природних складових: сонячної енергії, циркуляції атмосферних вітрових процесів та, головне, як наведено вище, майже необмежених високоякісних об'ємів водних ресурсів - одного з найбільш дефіцитних компонентів сьогодення, головного водневого джерела (річки Дунай, Дніпро, Кура, Прут, Прип'ять та Дністер, які безповоротно впадають в морські акваторії та можуть бути використані як головна енергетична складова Н<sub>2</sub>).



**Рис. 2. Схема розташування  
Передобруджинського  
еколого-енергетичного хабу в Україні,  
Молдові, Румунії:**  
1 – площа можливого розташування  
енергетичних споруд



**Рис. 3. Схема розташування енергетичних  
споруд в Азербайджані  
(басейни річок Кура, Аракс, морська  
акваторія Кизила-гатського морського  
заповідника)**

Мінімальні витрати води для річок становлять ( $\text{м}^3/\text{с}$ ): Дунай – 1800, Кура – 350, Дніпро – 900, Прип'ять – 90, Прут – 80, Дністер – 80. Як показали попередні дослідження, для отримання запланованих об'ємів водню на електролізерах потрібно буде лише 0,1 % від мінімального стоку [1]. Зелений водень виробляється із застосуванням поновлюваних джерел енергії (сонця, вітру), а також беземісійних відновлюваних джерел водних ресурсів річкових систем. Отримання чистого водню шляхом електролізу води – найочевидніша й найефективніша технологія та один із найбільш перспективних способів отримання альтернативного палива. Водень добувають із води, а при згорянні він перетворюється знов на воду. Використання відновлюваних джерел енергії (сонця, вітру та води) при отриманні електролізом водню є найкращим шляхом декарбонізації навколишнього середовища та боротьби з його забрудненням антропогенними поллютантами.

Для електролізу, крім електрики, потрібна демінералізована вода. Вихідні задані параметри споживання води при виробництві зеленого водню, на прикладі основних гідрохімічних характеристик р. Дунай, тісно корелюють з гідрохімічними показниками річок Дніпро, Кура, Прут, Прип'ять, Дністер.

Для отримання  $0,9 \text{ дм}^3$  демінералізованої води з р. Дунай необхідно використання  $1,4 \text{ дм}^3$  прісної води, тобто в процесі фільтрації методом зворотного осмосу перміат (фільтрат) становить  $0,9 \text{ дм}^3$ , а  $0,5 \text{ дм}^3$  скидається як ретентат (концентрат) із підвищеним вмістом солей.

Використовуючи середні і максимальні значення вмісту хімічних компонентів у воді р. Дунай, можна орієнтовно обчислити вміст основних іонів і мінералізацію в ретентаті (концентраті) [2].

Розрахунки вказують на те, що жоден з компонентів хімічного складу ретентату не перевищує за вмістом граничних значень, і тільки загальна мінералізація при максимальних вмістах незначно перевищує гранично допустимі концентрації. Таким чином, ретентат при використанні води р. Дунай для отримання демінералізованої води за своїми основними характеристиками відповідає параметрам питної води і може скидатися без доочистки та утилізації. Зіставляючи дані водності і планованих витрат води на виробництво зеленого водню, можна зробити висновок про достатню кількість і якість води р. Дунай та водних об'єктів, що розглядаються в контексті проведених досліджень.

Щоб досягти швидкого процесу впровадження виробництва водню та розпочати його внутрішнє споживання й експорт, необхідно без зволікань створити законодавчу базу та нормативні документи, які стимулюють енергетичну незалежність України, Молдови, Румунії, Азербайджану та надають можливість підтвердити роль енергетичних гравців на міжнародній арені.

Наявність достатньої кількості водних ресурсів, сонячної і вітрової енергії та використання світового досвіду розміщення СЕС безпосередньо на дзеркалі водних об'єктів – на озерах в Україні та морських акваторіях Молдови, Румунії, Азербайджану, крім отримання енергетичних ресурсів, дозволить заощадити тисячі квадратних кілометрів плодючих сільськогосподарських угідь.

**Висновки.** Наведені проривні успіхи можливі за використанням спільних напрацювань міжнародної високотехнологічної зацікавленої спільноти, а також українських, азербайджанських, молдовських та румунських вчених на стратегічних напрямках водневих технологій міжнародних високотехнологічних партнерів на основі фундаментальних технологічних проривних розробок вчених та фахівців нафтогазової промисловості.

На сучасному етапі деградації кліматичних умов планети, що становить під загрозу існування людства та планети Земля проблема водневої енергетики є найактуальнішою в паливно-енергетичній галузі і геології зокрема. Важливим завданням, яке ставили перед собою автори, було розробка та впровадження широкого спектру інноваційних технологій щодо виробництва зеленого водню.

Впровадження запропонованої технології та комплексу природних потужностей, якими володіють держави учасники енергетичного проєкту, неодмінно скасує інтерес до неекологічного сірого вартісного водню та його виробників. Така стратегія дозволить вже на першому етапі відтиснути недобропорядних конкурентних виробників, та в стислі терміни вийти в світові лідери з виробництва енергетичної сировини майбутнього.

Авторами вперше в світовій практиці на основі значного обсягу фундаментально прикладних досліджень пропонується до впровадження ґрунтовна конкурентно спроможна стратегія, яка неодмінно виведе країни учасниці енергетичного проєкту на чільне місце в реалізації екологічно безпечної водневої стратегії (зеленого водню) на основі фундаментального та прикладного підґрунтя безальтернативного використання унікальних природних комплексів складових елементів зеленого водню — сонячної та вітрової енергії, використовуючи глобальні можливості площі дзеркал водних об'єктів, а також майже безмежне використання прісних водних ресурсів гирла р. Дунай (головної енергетичної водневої сировини з урахуванням їх кількісних та якісних характеристик), р. Дніпро, р. Кура, р. Прут, р. Прип'ять та р. Дністер, які впадають у морські акваторії. Запропонований екологічно обґрунтований природний комплекс вироблення зеленого водню не нанесе жодної екологічної шкоди довкіллю, економлячи тисячі квадратних кілометрів надзвичайно цінних сільськогосподарських угідь.

Наявність сонячних та вітрових енергоресурсів й майже необмежена можливість використання прісних вод, які впадають у морські акваторії, а також значні земельні ресурси роблять Україну, Азербайджан, Молдову, Румунію надпотужними гравцями у змаганні з вироблення та використання водневої енергетики. На сьогодні ці країни, використовуючи стратегічне партнерство в сфері виробництва критичної сировини, унікальні природні умови, міжнародний досвід розміщення сонячних електростанцій на водоймах, мають можливості створити рідкісні за масштабами енергетичні водневі парки загальною площею більше 500-600 км<sup>2</sup>. Наведені попередні розрахунки обсягу сонячної енергії, вітрових компонентів і практично необмеженої можливості використання водних ресурсів дають всі підстави стверджувати, що ці результати гарантують корпорації дружніх країн стати потужним виробником енергетично-економічного джерела ХХІ сторіччя для власних потреб та потреб європейських партнерів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Лозовіцький П. С., Молочко А. М., Бібік В. М. Екологічна оцінка якості вод Дунаю. Часопис картографії: КНУ ім. Тараса Шевченка. 2011. – Вип. 1. – С. 135–148.
2. Богатова Ю. И. Гидрохимический режим украинского участка взморья Дуная // Вод. ресурсы.– 2013. – Т. 40, No 3. – С. 295–305

## ВУГЛЕЦЕВІ НАНОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ ТЕРМОЕМІСІЙНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

*Михайлова Г.Ю., к. ф.-м.н., с.д., mihajlova.halina@gmail.com;*

*Лень Є.Г., д. ф.-м. н., професор, len.evgeniy@gmail.com,*

*Галстян І.Є., к. ф.-м.н., stenforti@ukr.net,*

*Якимчук М.М., Рудь М.О.,*

*Шевченко М.Я., к. ф.-м.н., Дехтяренко В.А., д. тех. н., с.д.,*

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ, Україна*

Енергетична галузь є визначальною для економіки та відіграє ключову роль у формуванні рівня життя в країні. Крім того, найгостріші екологічні проблеми (зміна клімату, хімічне та теплове забруднення середовища тощо) прямо або опосередковано пов'язані з виробництвом або використанням енергії. Традиційна енергетика світу переважно базується на невідновлюваних джерелах енергії (вуглеводні, ядерне паливо). Проте вже спостерігається тенденція до переходу від використання викопних видів палив, до альтернативної енергетики на практично невичерпних джерелах (воднева, сонячна, вітрова та ін.), використання яких водночас є менш шкідливим для оточуючого середовища. Вже значне місце займають фотоелектричні перетворювачі, але альтернативою їх є більш потужні прямі термоемісійні перетворювачі (ТЕП) теплової енергії на електричну, які до того ж можуть виготовлятися з нетоксичних матеріалів. Традиційні ТЕПи на основі тугоплавких металів працюють за високих температур (біля 2000 °C), що ускладнює їх широке використання. Тому, актуальними є пошук та розробка нових фізичних принципів та матеріалів, які дозволять знизити робочі температури ТЕПів. Одночасно з цим активно розвиваються й технології накопичення та зберігання виробленої електричної енергії. Особливо важливими з точки зору зменшення вуглецевого сліду діяльності людини (викидів парникових газів) є водневі технології. Крім того, насичені воднем матеріали також викликають значний інтерес при створенні емітерів електронів в умовах як термічної, так і польової емісії.

## CARBON NANOMATERIALS FOR THERMAL EMISSION ENERGY CONVERTERS

*Mykhailova H., PhD (Phys. & Math.), s.res., mihajlova.halina@gmail.com,*

*Len E., Dc. Sci. (Phys. & Math), professor, len.evgeniy@gmail.com,*

*Galstian I., PhD (Phys. & Math.), stenforti@ukr.net,*

*Yakimchuk M., Rud M.,*

*Shevchenko M., PhD (Phys. & Math.),*

*Dekhtyarenko V., Doc. Sci. (Tech.), s.res.,*

*G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The energy sector is crucial for the economy and plays a key role in shaping the standard of living in the country. In addition, the most acute environmental problems (climate change, chemical and thermal pollution of the environment, etc.) are directly or indirectly related to the production or use of energy. Traditional world energy is mainly based on non-renewable energy sources (hydrocarbons, nuclear fuel). However, there is already a tendency to move from the use of fossil fuels to alternative energy based on virtually inexhaustible sources (hydrogen, solar, wind, etc.), the use of which is at the same time less harmful to the environment. Photoelectric converters already occupy a significant place, but their alternative are more powerful direct thermal emission converters (TEC) of thermal energy to electricity, which can also be made of non-toxic materials. Traditional TECs based on refractory metals work at high temperatures (about 2000 °C), which complicates their wide use. Therefore, the search and development of new physical principles and materials that will allow lowering the operating temperatures of thermal power plants are urgent. At the same time, the technologies of accumulation and storage of the produced electrical energy are actively developing. Hydrogen technologies are particularly important from the point of view of reducing the carbon footprint of human activity (greenhouse gas emissions). In addition, hydrogen-saturated materials are also of great interest in the creation of electron emitters under conditions of both thermal and field emission.

**Вступ.** Енергетична галузь є визначальною для економіки та відіграє ключову роль у формуванні рівня життя в країні. Крім того, найгостріші екологічні проблеми (зміна клімату, хімічне та теплове забруднення середовища тощо) прямо або опосередковано пов'язані з виробництвом або використанням енергії. Традиційна енергетика світу переважно базується на невідновлюваних джерелах енергії (вуглеводні, ядерне паливо). Проте вже спостерігається тенденція до переходу від використання викопних видів палив, до альтернативної енергетики на практично невичерпних джерелах (воднева, сонячна, вітрова та ін.), використання яких водночас є менш шкідливим для оточуючого середовища.



Сьогодні вже значна частка електроенергії виробляється за рахунок прямого перетворення теплової та променистої енергії на електричну, наприклад, за допомогою фотоелектричних перетворювачів (сонячних елементів). Проте, використання фотовольтаїки вимагає великих площ під сонячні ферми через низьку питому потужність сонячних панелей, а їх виробництво й утилізація супроводжуються значним забрудненням довкілля. Крім того, за умови використання лише сонячної енергії добові коливання освітленості унеможливають неперервне вироблення енергії. Тому активно розвиваються інші напрями альтернативної енергетики, пов'язані як з прямим перетворенням теплової та променистої енергії на електричну, так і з накопиченням запасів останньої, її зручним транспортуванням і використанням.

Альтернативою фотоелектричним перетворювачам є більш потужні прямі термоemisійні перетворювачі (ТЕП) теплової енергії на електричну, які до того ж можуть виготовлятися з нетоксичних матеріалів. Традиційні ТЕПи на основі тугоплавких металів працюють за високих температур (біля 2000 °C), що ускладнює їх широке використання. Тому, актуальними є пошук та розробка нових фізичних принципів та матеріалів, які дозволять знизити робочі температури ТЕПів. Одночасно з цим активно розвиваються й технології накопичення та зберігання виробленої електричної енергії. Особливо важливими з точки зору зменшення вуглецевого сліду діяльності людини (викидів парникових газів) є водневі технології. Крім того, насичені водородом матеріали також викликають значний інтерес при створенні емітерів електронів в умовах як термічної, так і польової емісії.

Було досліджено матеріали, з яких можна виготовляти катоди для низькотемпературних ТЕП, орієнтованих на екологічно безпечну сонячну енергію.

Основною вимогою для зменшення робочих температур ТЕПів є зменшення роботи виходу їх електродів, що, як показали дослідження, можливо лише за рахунок ускладнення структури та принципів функціонування ТЕПу.

**Мета, методи та об'єкти дослідження.** Метою роботи було створення метало- та вуглецевмісних композитів, як перспективних функціональних матеріалів для альтернативної енергетики та з'ясування впливу різних вуглецевих наноструктур на електронні та механічні властивості отриманих композитів. З подальшим їх застосуванням в якості електродів для катодів низькотемпературних ТЕПів.

Формування вуглецевмісних композитів на основі металів відкриває перспективу поєднання переваг матеріалів, що їх складають, а також уможливлює прояв в створених композитах нових електрофізичних властивостей, які не властиві вихідним компонентам. Показано, що поєднання порошку гідрованого титану (TiH) з терморозширеним графітом (TRG) за допомогою механосинтезу сприяє утворенню такого роду композитів.

Композити Ti–TRG було отримано шляхом механічного змішування вихідних компонент в агатовій ступці протягом 2 год. В якості вихідних матеріалів використовували частинки порошку гідриду титану розміром до 200 мкм та порошок терморозширеного графіту.

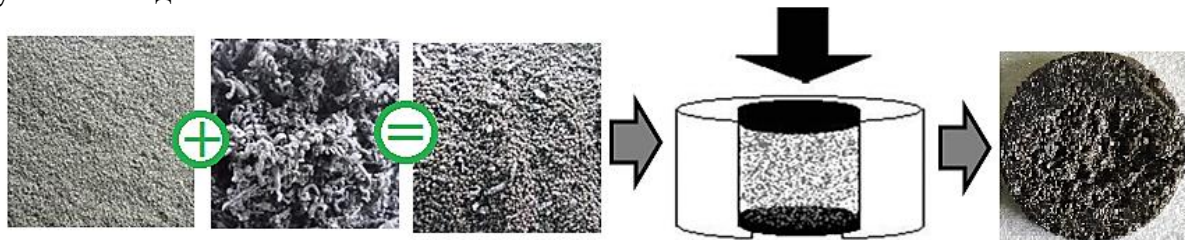
Для дослідження електромеханічних властивостей використовували методику детально описану у роботі [1], згідно якої зразок розміщується в діелектричному циліндрі під поршнем, який виконує роль електрода, як і дно циліндра. Зменшуючи відстань між електродами, збільшуємо густину зразка, що сприяє встановленню електричних контактів між частинками досліджуваного матеріалу та створює умови для вимірювання електричних характеристик під час навантаження (стискання) системи. Після досягнення максимально можливого (на використовуваному обладнанні) стискання порошкового зразка, відбувається розвантаження системи. При цьому поступово підіймається поршень, а матеріал пружно релаксує, завдяки чому зберігає контакт з електродами. Припинення процесу релаксації супроводжується різким падінням електропровідності та розривом електричного кола.

**Результати та обговорення.** Незвичні електрофізичні властивості вуглецевих наноструктур обумовлюють їх широке дослідження та використання в різних областях науки та техніки. Електронні властивості окремих частинок вуглецевих наноструктур та композитів або матеріалів, що містять такі структури, суттєво відрізняються. Властивості гетероструктур на основі наноструктурного вуглецю залежать не лише від характеристик вихідних компонент, а й від кількості та типу контактів між сусідніми частинками, а також наявності й типу дефектів і

домішок у них. В таких структурах та композитах контактні явища відіграють основну роль у визначенні тих чи інших властивостей.

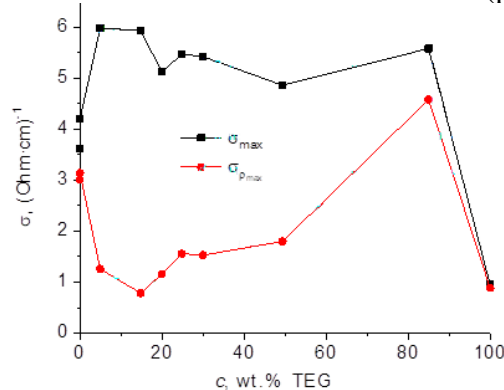
Створення метал–нановуглецевих композитів цікаво тим, що в них поєднуються складові, які мають абсолютно різні механічні, електронні та теплові властивості, що, в свою чергу, сприяє появі у композитів властивостей та характеристик, які не притаманні вихідним компонентам.

Отримані порошкові зразки, розміщені в діелектричному циліндрі під поршнем (рис. 1), при опусканні останнього стискаються до замикання електричного кола. Тобто за певного критичного значення густини  $\rho_{кр}$  зразки демонструють перехід в електропровідний стан. За більших значень густини  $\rho$  спостерігається різке зростання питомої електропровідності  $\sigma$  з наступним виходом її значень на насичення.



**Рис. 1. Структура вихідних компонент та зразка нанокompозиту TiN+c мас. % ТРГ, а також схема резистометричних досліджень**

Значна деформація композиту викликає механічні напруги, що сприяють появі додаткових потенціалів розсіювання електронів провідності, що супроводжується падінням питомої електропровідності. Також при сильних деформаціях відбувається формування суцільного зразка (див. рис. 1) через зчеплення частинок металу між собою завдяки продавлюванню при стисканні графітових прошарків. Отже, окрім збільшення дефектності (деформації) обох компонент, також спостерігається збільшення кількості контактів між частинками металу на фоні зменшення кількості контактів між ними та ТРГ. Оскільки контакти між частинками металу з оксидними оболонками мають більший електроопір порівняно з іншими контактами у цій двокомпонентній гетеросистемі, то це також сприяє зменшенню питомої електропровідності композитів за великих навантажень (рис. 2).



**Рис. 2. Залежності максимального значення питомої електропровідності  $\sigma_{max}$  та питомої електропровідності  $\sigma_{\rho max}$  за максимального стискання порошкового нанокompозиту TiN–ТРГ від концентрації ТРГ**

Також спостерігається зростання їх електропровідності у 1,65 та 6,3 разів порівняно з вихідними компонентами TiN та ТРГ відповідно, що обумовлено збільшенням концентрації вільних електронів у ТРГ за рахунок металічної складової композиту (рис. 2).

На початкових стадіях стискання зразків відбувається зменшення пористості композиту. Частинки ТРГ заповнюють порожнини між металічними частинками гідрованого титану, що сприяє появі провідних містків між складовими композиту при стисканні. Сам ТРГ характеризується можливістю створення суцільних тіл без зв'язувального матеріалу [2]. В отриманих зразках частинки ТРГ не мають виділеної орієнтації, тобто орієнтовані хаотично.

Можна також припустити, що в процесі механосинтезу навколо частинок гідрованого титану утворюється тонкий шар ТРГ, який обгортає частинки металу, що при достатній кількості вуглецевої компоненти та необхідного навантаження сприяє утворенню суцільного зразка. У цьому випадку, під час опускання поршня та ущільнення зразка, вклад в питому електропровідність вносять здебільшого ефекти на роздільних межах між складовими композиту різного типу. Для всіх досліджених зразків подальше стискання супроводжується зменшенням електропровідності відносно її максимальних значень: від 6,3 % (для чистого ТРГ) до 86,7 % (для композиту з  $\cong 15$  мас. % ТРГ) (рис. 2). Така залежність питомої електропровідності від ступеня навантаження обумовлена зміною домінуючого механізму формування транспортних властивостей системи: спочатку зростання площі контактів між частинками порошкового зразка обумовлює зростання електропровідності, а далі деформація частинок ТРГ і металу сприяє зменшенню електропровідності.

Коли частинки гідрованого титану приходять в контакт з ТРГ, електрони починають переходити з металічних частинок до вуглецевої компоненти, оскільки  $\phi_{Ti} < \phi_{TRG}$ . При цьому збільшується концентрація в останній (за незначної зміни їх рухливості) [3]. Таким чином, більші значення  $\sigma_{max}$  в усіх композитах (рис. 2) порівняно з вихідними компонентами пов'язані з ключовою роллю інтерфейсів метал–ТРГ, крізь які відбувається перерозподіл зарядів між компонентами композиту. Оскільки густина електронних станів ТРГ значною мірою має залишатися графеноподібною, тобто рівень Фермі має лежати в області (квазі)щільності в енергетичному спектрі, то навіть малі зміни електронної концентрації можуть призводити до значного зростання значення густини електронних станів на рівні Фермі, яке й визначає електропровідність вуглецевої складової композиту. Ефект зростання  $\sigma_{max}$  в композитах також свідчить, що струм в досліджених нами системах протікає переважно через їх вуглецеву складову.

Перенос зарядів також призводить до різнойменного заряджання частинок ТРГ і металу, внаслідок чого, виникає кулонівське притягання між ними, яке обумовлює додаткову силу зв'язку у досліджуваних зразках при низьких концентраціях ТРГ.

Зазначимо, що перенесені з частинок Ti електрони з ростом концентрації ТРГ розподіляються по все більшому об'єму вуглецевої складової композиту, що призводить до зменшення середньої електронної концентрації та відповідного зменшення питомої електропровідності (рис. 2) при  $c \geq 15$  мас. % ТРГ (відносно максимального значення  $\sigma_{max}$  композиту з 4,96 мас. % ТРГ).

Отже, у композиті гідрований титан–ТРГ спостерігається зростання максимальних значень електропровідності порівняно з вихідними компонентами TiH та ТРГ у 1,65 та 6,3 разів відповідно, що пов'язано з перетіканням електронів з частинок металу до ТРГ крізь відповідні інтерфейси. Даний ефект також свідчить, що струм в досліджених нами системах протікає переважно через їх вуглецеву складову.

Таким чином, проведені дослідження показали, що композитні матеріали системи Ti–ТРГ набувають нових якостей, що не були властиві вихідним компонентам. Фізичні процеси, які обумовлюють цей ефект, також відкривають перспективу використання таких композитів при створенні «холодних» катодів термофотоемісійних перетворювачів теплової та променистої енергії на електричну.

**Висновки.** У гідрованому композиті титан–ТРГ спостерігається збільшення максимальних значень електропровідності порівняно з початковими компонентами TiH та ТРГ у 1,65 та 6,3 рази відповідно, що пов'язано з транспортуванням електронів від частинок металу до ТРГ через відповідні інтерфейси. Цей ефект вказує на те, що в системі протікає струм та такі композити є перспективними для використання в якості електродів для катодів ТЕП.

#### Список використаних джерел:

1. М.М. Нищенко, Г.Ю. Михайлова, Е.И. Архипов., Ю.В. Кода, Г.П. Приходько, Ю.И. Семенцов // Металлофизика и новейшие технологии. – 2009. – Т. 31, №4. – С. 437-44.
2. Yu.I.Sementsov, S.L.Revo, K.O.Ivanenko, S.Hamamda Expanded Graphite and Its Composites, (Kyiv: PH "Akademperiodyka", 2019).

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В РАМКОВІЙ КЛАСИФІКАЦІЇ ООН

**Куріло М.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, [marikurylo@meta.ua](mailto:marikurylo@meta.ua),

**Віршило І.В.<sup>1,2</sup>**, к. геол. н., доцент, [ivirshylo@gmail.com](mailto:ivirshylo@gmail.com);

**Братах М.І.<sup>3</sup>**, к. тех. н., [Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua](mailto:Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua),

**Паюк С.О.<sup>4</sup>**, [golova@dkz.gov.ua](mailto:golova@dkz.gov.ua);

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,

3 – АТ «Укргазвидобування», УкрНДІгаз, м. Київ, Україна,

4 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для геотермальних ресурсів в Рамковій класифікації ООН. Базовими ознаками систематизації є: екологічна, економічна та соціальна життєздатність проекту; статус проекту та ступінь геологічного вивчення. Ці ознаки використовуються для класифікації об'єктів, які в даному випадку є геотермальними проектами. Проект як об'єкт оцінки включає не лише джерело геотермальної енергії та кількості геотермальної енергії, а також все обладнання та системи, необхідні для видобутку та перетворення енергії, в тому числі видобувні та нагнітальні свердловини, наземні або поверхневі теплообмінники, з'єднувальні трубопроводи, системи перетворення енергії та будь-яке необхідне допоміжне обладнання. Показані відмінності класифікації геотермальних проектів на різних стадіях промислового освоєння. Відзначено, що ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для геотермального ресурсу як основного, але й для супутніх видів товарної продукції, якими можуть виступати критичні корисні компоненти, які містяться у супутніх пластових водах.

## APPLICATION PECULARITIES OF THE UN FRAMEWORK CLASSIFICATION TO THE GEOTHERMAL RESOURCES

**Kurylo M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Prof., [marikurylo@meta.ua](mailto:marikurylo@meta.ua);

**Virshylo I.<sup>1,2</sup>**, PhD (Geol.), Associate Professor, [ivirshylo@gmail.com](mailto:ivirshylo@gmail.com);

**Bratakh M.<sup>3</sup>**, PhD (Eng.), [Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua](mailto:Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua),

**Paiuk S.<sup>4</sup>**, [golova@dkz.gov.ua](mailto:golova@dkz.gov.ua);

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,

3 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», UkrNDIGaz, Kyiv, Ukraine,

4 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The study analyzes assessment objects and classification features for geothermal resources in the UN Framework Classification. The basic features of systematization are: environmental, economic and social viability of the project; feasibility and level of geological study. These features are used to classify objects, which in this case are geothermal projects. The project as an object of assessment includes not only the source of geothermal energy and its amount, but also all the equipment and systems necessary for the production and conversion of energy, including production and injection wells, ground or surface heat exchangers, connecting pipelines, systems energy conversion and any necessary auxiliary equipment. Significant differences in the classification of geothermal projects at different stages of industrial development. It is noted that the signs and classes of the UNFC should be applied not only to the geothermal resource as the main one, but also to any types of by-products, which can be critical useful components contained in formation waters.

Зростаюча зацікавленість до відновлюваних джерел енергії, включаючи геотермальні ресурси, сформували необхідність нормалізації способів звітності про потенціал і ресурси відновлюваної енергії. Галузь відновлюваної енергетики стала повністю комерціалізованим сектором, у якому кілька нафтогазових компаній уже почали відігравати значну роль. Ці гравці висловили потребу в спільній платформі для прозорої оцінки та порівняння потенціалу своїх портфелів відновлюваної та невідновлюваної енергії. Загальна система оцінки та порівняння відновлюваних і невідновлюваних джерел енергії також потрібна інвесторам, регуляторним органам, урядам і споживачам як основа для всебічного огляду поточних і майбутніх сценаріїв енергетичної стійкості на рівні проекту, компанії, країни, регіону або світу.

У роботі проводиться аналіз об'єктів оцінки та класифікаційних ознак для геотермальних ресурсів в Рамковій класифікації ООН/UNFC United Nations Framework Classification for Resources

(UNFC, 2019) з метою встановлення ознак, які дозволяють проводити оперативне управління ресурсами.

*United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources.*

Застосування Рамкової класифікації викопних енергетичних і мінеральних запасів і ресурсів Організації Об'єднаних Націй 2009 року (далі РКООН/UNFC-2009) почалося в 2014 році за результатом запиту цільової експертної групи надати хоча б одну Специфікацію РКООН для відновлюваних джерел енергії. З цією метою було сформовано звернення до фахівців Міжнародної геотермальної асоціації (IGA) для надання специфікацій для застосування UNFC-2009 до ресурсів геотермальної енергії з використанням повної деталізації UNFC-2009. Співпраця названих організацій почалася після підписання Меморандуму в квітні 2014 року і було зафіксовано, що IGA представляє найкращу платформу для розробки специфікацій та керівних принципів щодо застосування UNFC-2009 до геотермальної енергії.



**Рис. 1 Міжнародні та регіональні галузеві організації, з якими узгоджуються розробки Специфікації РКООН для геотермальних ресурсів**

Особливістю специфікації РКООН для геотермальних ресурсів є використання єдиних базових критеріїв систематизації геологічної, технічної, економічної та всіх інших видів інформації, що дозволяє оцінювати, порівнювати, проводити експертизи та забезпечувати прийняття рішень не лише регіональних геотермальних проєктів, але й традиційних енергетичних ресурсів та комплексних проєктів використання надр. До розробки Специфікації РКООН для геотермальних ресурсів не існувало глобально узгоджених геотермальних стандартів, настанов чи кодексів, які б передбачали узгодження і співставність всіх регіональних і міжнародних класифікаційних систем. Включення геотермальної енергії до UNFC сприяє покращенню глобального зв'язку в геотермальному секторі як частини більшого енергетичного сектора.

РКООН для геотермальних ресурсів базується на використанні названої Класифікації як універсальної системи, в якій запаси систематизують на основі трьох фундаментальних



критеріїв: 1) економічної і соціальної життєздатності проєкту (вісь E); 2) статусу й обґрунтованості проєкту освоєння родовища (вісь F); 3) геологічної вивченості (вісь G) з використанням цифрової системи кодів. Комбінації цих критеріїв створюють тривимірну систему кодів (рис. 2).

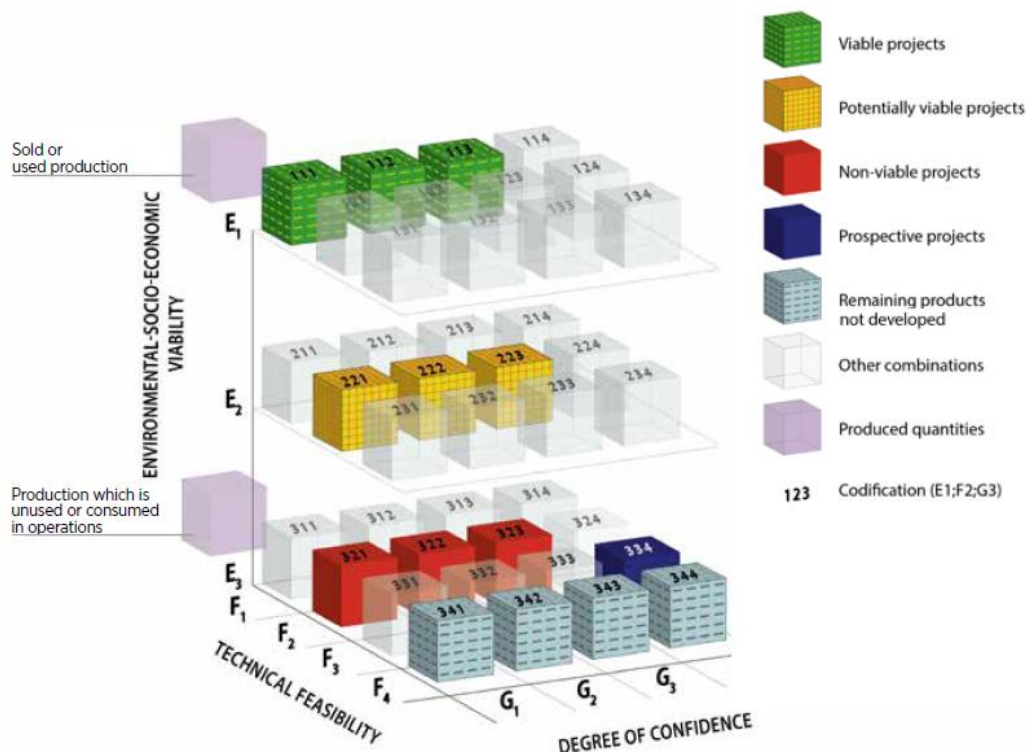


Рис. 2. Категорії UNFC і приклади класів (UNFC, 2019)

Перша група категорій (вісь E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>) визначає ступінь сприятливості соціальних та економічних умов для забезпечення комерційної життєздатності проєкту, які включають ринкові ціни, відповідні юридичні, нормативні, природоохоронні і контрактні умови. Друга група категорій (вісь F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>) визначає результати опрацювання технологій, досліджень і взятих зобов'язань, потрібних для реалізації проєкту. Вони охоплюють ланку від початкових досліджень до опрацьованого (чинного) проєкту і відображають стандартні принципи керування виробничо-збутовим ланцюгом. Третя група категорій (вісь G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>) визначає ступінь достовірності оцінки об'єму продукції, що отримується під час реалізації проєкту. Комбінація категорій визначає клас проєкту (стадію та перспективність). З метою більшої прозорості за глобального обміну інформацією в UNFC визначено додаткові типові підкласи, що засновані на повній деталізації за додатковими підкатегоріями (UNFC, 2019; UNFC, 2023).

*Основні терміни Класифікації РКООН/UNFC*, які стосуються геотермальних ресурсів подані відповідно до документу Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources (Specifications., 2016).

*Геотермальне джерело енергії, продукти та ресурси.* Джерело відновлюваної енергії – це теплова енергія, що міститься в породах, осадах та/або ґрунті, включаючи будь-які рідини, і є доступною для вилучення та перетворення в енергетичні продукти. Джерело геотермальної енергії є результатом будь-якого припливу до відтоку або внутрішнього виробництва енергії в системі протягом певного періоду часу. Геотермальний енергетичний продукт — це енергетичний товар, який продається на ринку. Прикладами продуктів геотермальної енергії є електроенергія та тепло. Інші продукти, такі як неорганічні матеріали (наприклад, кремнезем, літій, марганець, цинк, сірка), гази або вода, видобуті з геотермального джерела енергії в тому самому процесі видобутку, не вважаються продуктами геотермальної енергії. Однак там, де

наявні інші супутні продукти, грошові потоки і дохід від їх реалізації повинні бути включені в економічну оцінку ресурсів.

Геотермальні енергетичні ресурси – це кумулятивні кількості геотермальних енергетичних продуктів, які будуть вилучені з геотермального джерела енергії, починаючи з дати набрання чинності оцінкою (до кінця життєвого циклу/ліміту проєкту), виміряні або оцінені в контрольній точці.

Базовим об'єктом класифікації *PKOOH/UNFC* є *геотермальний проєкт*. Процес класифікації ресурсів складається з визначення проєкту або проєктів, пов'язаних із джерелом геотермальної енергії, оцінки кількості енергії, яка може бути вилучена та доставлена як продукт геотермальної енергії кожним проєктом, включаючи будь-який регенеративний потенціал, і класифікації ресурсів геотермальної енергії на основі критеріїв, визначених категоріями E, F і G.

Визначення геотермального проєкту та особливості його реалізації наведені в пп.13-17 названого документу *PKOOH/UNFC (Specifications., 2016)*. Проєкт є сполучною ланкою між джерелом геотермальної енергії та кількостями продуктів геотермальної енергії та забезпечує основу для економічної оцінки та прийняття рішень. Проєкт включає всі системи та обладнання, що з'єднує джерело геотермальної енергії з контрольними точками, де кінцеві продукти геотермальної енергії продаються, використовуються, передаються або утилізуються. Проєкт включає все обладнання та системи, необхідні для видобутку та/або перетворення енергії, в тому числі видобувні та нагнітальні свердловини, наземні або поверхневі теплообмінники, з'єднувальні трубопроводи, системи перетворення енергії та будь-яке необхідне допоміжне обладнання. На ранніх стадіях оцінювання проєкт може бути визначений лише в концептуальних термінах, тоді як більш зрілі проєкти будуть визначені досить детально.

Контрольний пункт (Reference Point) — це визначене місце у виробничому ланцюгу, де вимірюється або оцінюється кількість продукту геотермальної енергії. Контрольний пункт зазвичай є пунктом продажу третім сторонам або місцем зберігання, де передається подальша діяльність суб'єкта господарювання. Якщо в рамках проєкту виробляється кілька геотермальних енергетичних продуктів, для кожного потоку продукції можуть бути різні контрольні пункти.

В залежності від особливостей проєкту може виникати необхідність оцінювати інші додаткові обсяги, що впливають на загальний процес перетворення енергії. Наприклад, у наземних теплових насосах слід фіксувати як передачу тепла в секції випарника/конденсатора, так і енергію в компресорному блоці, яка споживається. Інші приклади стосуються тих систем, де геотермальний апарат працює разом з іншими джерелами енергії (тобто резервними технологіями) або тепловими каскадними системами. У всіх цих випадках можуть бути використані додаткові пункти оцінки, щоб забезпечити чіткий опис роботи проєкту. Загалом, будь-яка заявлена кількість енергії повинна бути розкрита разом із чітким описом/визначенням відповідного контрольного пункту оцінки.

#### *Життєвий цикл і термін дії проєкту (Project Lifetime/Limit)*

Визначення життєвого циклу і тривалості геотермального проєкту наведені в пп.18-24 названого документу *PKOOH/UNFC (Specifications., 2016)*. Тривалість життєвого циклу геотермального проєкту встановлюється відповідно до оцінених геотермальних ресурсів. Життєвий період проєкту може ставати меншим від термінів забезпеченості ресурсами внаслідок економічних обмежень, проєктного терміну служби обладнання, термінів контрактів та термінів дії права на користування ресурсами, зокрема:

- *Економічні обмеження* діють як «економічний ліміт» і визначаються як період, коли Проєкт досягає точки, після якої подальші кумулятивні дисконтовані чисті операційні грошові потоки від Проєкту будуть від'ємними. Для геотермального проєкту економічною межею може бути час, коли очікувана швидкість видобутку знижується до рівня, який робить проєкт нерентабельним, або коли недоцільно інвестувати в подальшу інфраструктуру видобутку, таку як додаткові свердловини.
- *Проєктний термін служби* Проєкту – це очікуваний термін експлуатації основної фізичної інфраструктури, який визначено під час техніко-економічної оцінки

Проекту. Заміна значних компонентів проекту становитиме новий проєкт, і буде проведено нову оцінку та оцінку ресурсів геотермальної енергії.

- *Контрактний період* для геотермального проекту є терміном дії всіх існуючих або обґрунтовано очікуваних контрактів на продаж геотермальних енергетичних продуктів. Контрактний період не повинен включати продовження контракту, якщо немає обґрунтованого очікування такого продовження на основі попередньої обробки подібних контрактів.
- *Права* визначають обсяги геотермальних ресурсів і продуктів, які нараховуються учасникам проекту. Період дії прав — це термін дії всіх ліцензій і дозволів, які надають права на доступ до джерела геотермальної енергії, видобуток геотермальних енергетичних ресурсів і доставку продуктів геотермальної енергії на ринок. Період дії дозволу не повинен включати продовження ліцензії, якщо немає обґрунтованого очікування отримання такого продовження на основі попередньої обробки подібних ліцензій, виданих органом, що видав.

Можна очікувати, що джерело геотермальної енергії триватиме набагато довше, ніж термін експлуатації проекту, але будь-які майбутні видобуті обсяги, що виходять за межі оцінених для проекту, будуть оцінені та класифіковані як наступні або додаткові проєкти.

Класифікацією РКООН визначено особливості доступу до джерела геотермальних ресурсів. Суб'єкт господарювання, отримує та забезпечує доступ до геотермального джерела енергії через ліцензії та дозволи або інші подібні контракти, які зазвичай видаються відповідними державними органами. Ці ліцензії та дозволи, як правило, дозволяють суб'єкту господарювання, відповідно до чинних нормативних актів, досліджувати джерело геотермальної енергії та, у відповідних випадках, розробляти та керувати Проєктом або Проєктами для доставки продуктів геотермальної енергії на ринок.

Класифікація ресурсів геотермального проекту може бути переглянута в результаті дії форс-мажорних обставин, які спричинили зупинку виробництва, наприклад, дія небезпечних природних процесів або несподівані операційні проблеми, як правило, не включаються в прогноз виробництва. Якщо виробництво зупиняється на тривалий період часу (> 1 року), слід переглянути класифікацію ресурсів геотермальної енергії та підготувати звіт про ресурси, в якому обговорюється та пояснюється ймовірність відновлення виробництва.

В межах Класифікації названого документу *РКООН/UNFC (Specifications., 2016)* можуть оцінюватися Проєкти з кількома енергетичними продуктами відповідно до пп.30-35. Якщо в рамках Проєкту виробляється більше ніж один геотермальний енергетичний продукт (наприклад, тепло та електроенергія), геотермальні енергетичні ресурси для кожного оцінюються та класифікуються окремо, але включаються в єдиний звіт для Проєкту. Така сама інформація повинна бути оцінена для кожної повідомленої кількості, включаючи тип продукту геотермальної енергії та його контрольний пункт. Якщо Проєкт потребує значних вхідних потоків енергії (наприклад, електричної енергії для приводу компресорів теплових насосів або насосів для видобутку/нагнітання свердловин), ці кількості слід оцінювати в межах Проєкту, але виокремлювати в розрахунок. Будь-яка геотермальна енергія, яка споживається в рамках Проєкту вище від контрольного пункту, може бути явно зафіксована як окремі, але пов'язані кількості енергії і класифіковані як ЕЗ.1 (кількості, які, за прогнозами, будуть видобуті, але які не будуть доступні для продажу).

Таким чином, класифікація геотермальних проєктів за ознаками і класами РКООН передбачає визначення їх екологічної, економічної та соціальної життєздатності, статусу проєкту та ступеня геологічного вивчення. Обов'язково в якості об'єкту розглядається геотермальний проєкт, який включає не лише джерело геотермальної енергії та кількості геотермальної енергії, а також все обладнання та системи, необхідні для видобутку та перетворення енергії, в тому числі видобувні та нагнітальні свердловини, наземні або поверхневі теплообмінники, з'єднувальні трубопроводи, системи перетворення енергії та будь-яке необхідне допоміжне обладнання.

Особливе значення при оцінці геотермального проєкту надається визначенню життєвого циклу, який встановлюється з врахуванням 1) економічних обмежень, які діють як «економічний ліміт», 2) проєктний термін служби як очікуваного терміну експлуатації основної фізичної інфраструктури, який визначено під час техніко-економічної оцінки, 3) контрактного періоду для геотермального проєкту, що є терміном дії всіх існуючих або обґрунтовано очікуваних контрактів на продаж геотермальних енергетичних продуктів, 4) прав, які визначають обсяги геотермальних ресурсів і продуктів, які нараховуються учасникам проєкту.

Ознаки і класи РК ООН повинні застосовуватись не лише для геотермального ресурсу як основного, але й для супутніх видів товарної продукції, якими можуть виступати критичні корисні компоненти, які містяться у супутніх пластових водах.

#### **Список використаних джерел:**

1. Rudko, G. I. (2017). UNFC mineral reserves and resources as a tool for harmonizing world classifications. Mineral resources of Ukraine, (4), 7-10. Режим доступу: <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/223>.
2. Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources, (2016) Режим доступу: [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf)
3. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019). Режим доступу: [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
4. UNFC and Social and Environmental Management. 2023. Режим доступу: <https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>

## ОСОБЛИВОСТІ ВАРТІСНОЇ ОЦІНКИ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

**Курило М.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, marikurylo@meta.ua,

**Віршило І.В.<sup>1,2</sup>**, к. геол. н., доцент, ivirshylo@gmail.com;

**Братах М.І.<sup>3</sup>**, к. тех. н., Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,

3 – АТ «Укргазвидобування», УкрНДІгаз, м. Київ, Україна,

В роботі розглядаються базові критерії та показники оцінки геотермальних проєктів на різних стадіях освоєння. Розглядається типовий життєвий цикл геотермальних проєктів, параметри продуктивності в залежності від вихідних геологічних і гірничих передумов. Виділено 8 типових складових циклу освоєння геотермальних проєктів і встановлені значення розрахункового періоду: мінімальний 15 років, середній – 30 років і максимальний – 50 років. Визначені середні значення капітальних та експлуатаційних витрат відповідно до обраної технології промислової розробки. Наведено приклад вартісної оцінки для пілотного геотермального проєкту для типових умов Закарпатської області.

## MAIN FEATURES OF GEOTHERMAL PROJECTS VALUATION

**Kurylo M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Prof., marikurylo@meta.ua;

**Virshylo I.<sup>1,2</sup>**, PhD (Geol.), Associate Professor, ivirshylo@gmail.com;

**Bratakh M.<sup>3</sup>**, PhD (Eng.), Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,

3 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», UkrNDIGaz, Kyiv, Ukraine

The study related to the basic criteria and indicators for evaluating geothermal projects at various stages of development. The typical life cycle of geothermal projects, performance parameters depending on the initial geological and mining conditions are considered. 8 typical components of the development cycle of geothermal projects are identified and the values of the calculation period are set: the minimum is 15 years, the average is 30 years, and the maximum is 50 years. The average values of capital and operating costs are determined in accordance with the chosen technology of industrial development. An example of valuation for a pilot geothermal project for typical condition of Transcarpathian region is given.

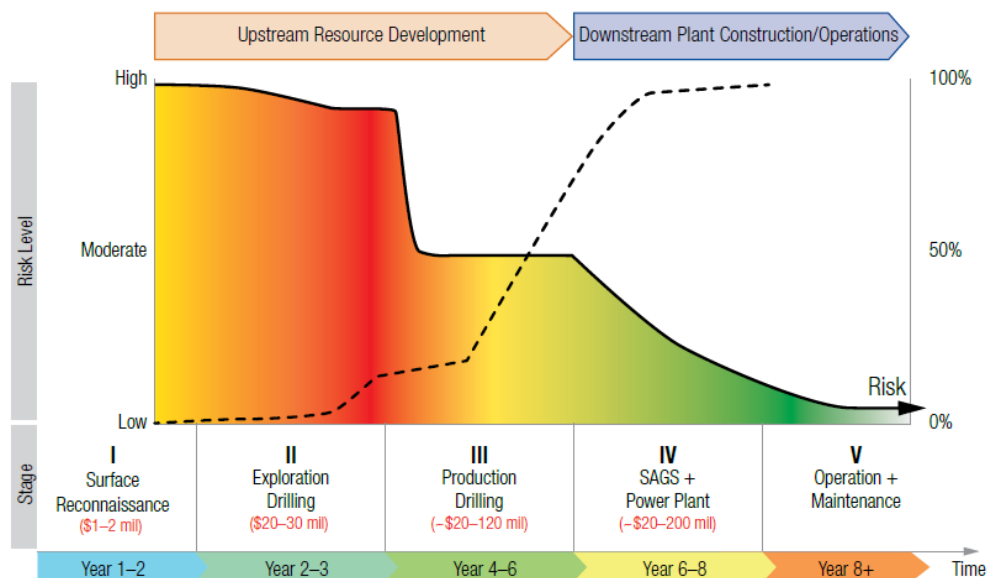
Геотермальні ресурси є одним з доступних і достатньо відомих енергетичних ресурсів у міжнародній практиці надрокористування. Геотермальна енергетика дає можливість для диверсифікації структури виробництва електроенергії в країні. Перевагами цього джерела енергії вважається: 1) екологічна чистота; 2) можливість надійно виробляти базову потужність цілодобово та незалежно від сезону; 3) можливість локального використання, що зменшує транспортні витрати та інфраструктурні ризики; 4) незалежність від коливань міжнародних цін на сировинні товари під час роботи.

Геотермальні проєкти реалізуються поетапно, що має на меті мінімізацію ризиків і максимально ефективного використання ресурсів – матеріальних, робочої сили, інвестицій та часу. Завданням кожного етапу і стадії є виокремлення найбільш перспективних ділянок і визначення найбільш прибуткових варіантів освоєння.

В окремих роботах по плануванню і проєктуванню геотермальних проєктів виділяють від 5 до 8 стадій, які в загальному стосуються виділення 2 базових періодів: вивчення ділянок надр (в. тому числі геологічне, технологічне, економічне та екологічне) та розробки геотермальних ресурсів. Типові складові цих періодів є наступними: 1) регіональна стадія/regional exploration survey; 2) пошукове і розвідувальне буріння/exploration drilling; експлуатаційне буріння/exploitation drilling; 3) детальна ГЕО, проєктування/Feasibility study; 4) підготовка та будівництво / field development; 5) будівництво станції/ plant construction; 6) пуск виробництва/commercial generation start-up; 7) виробництво/operation and maintenance.

На наступному рисунку 1 проілюстрована схема життєвого циклу типового геотермального проєкту за даними ESMAP. Подібно до попередніх описаних циклів тут виділено 2 базових періоди, перший з яких стосується пошуку, оцінки та підготовки самого ресурсу, а другий – будівництва і експлуатації. Тривалість мінімального циклу проєкту в цій схемі трохи вище ніж попередній схемі і складає 23-27 років.





**Рис. 1. Концептуальна схема життєвого циклу геотермального проєкту за даними (Comparative Analysis, 2021)**

Вартість реалізації кожного етапу, який виділено на схемі коливається від перших мільйонів до сотень мільйонів доларів, і кумулятивно досягає 50% всіх необхідних інвестицій  $\approx 125$  млн \$ на етапі експлуатаційного буріння. Сумарні значення витрат, які необхідні для запуску проєкту до стадії виробництва досягають 200-350 млн \$ в залежності від масштабу ресурсів і потужності станції.

У загальних витратах на геотермальний проєкт переважають капітальні витрати на початку проєкту. Діапазон основних капітальних витрат, які необхідні для запуску проєкту до стадії виробництва досягають 100-350 млн \$ в залежності від масштабу ресурсів і потужності станції. Фактичні інвестиції у конкретний проєкт можуть відрізнятися від цих діапазонів.

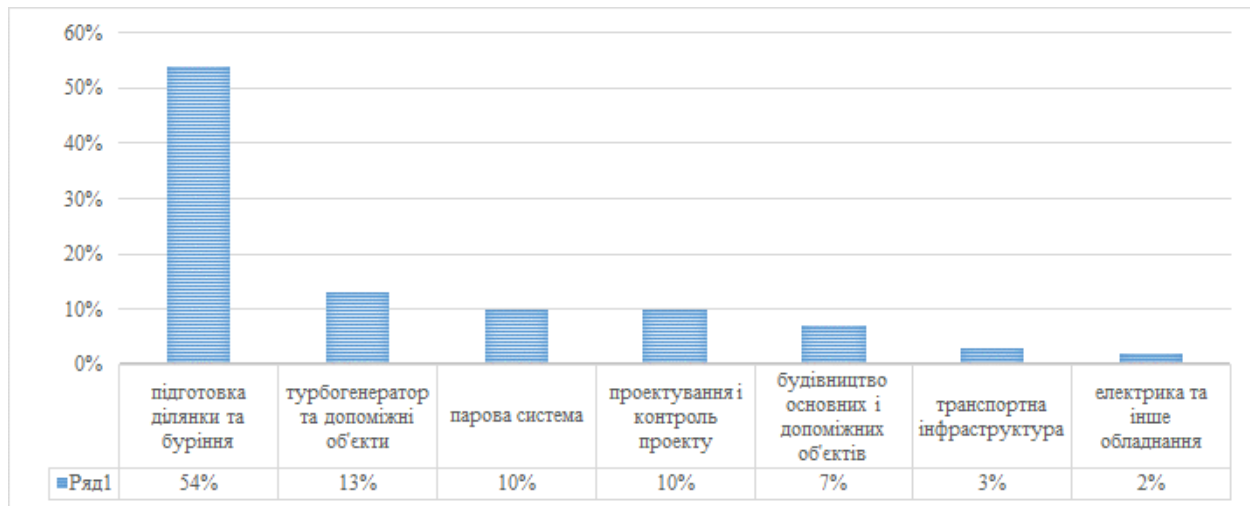
За даними Geothermal Investment Guide (Geothermal Investment Guide, 2011) інвестиції можуть бути і нижчими від зазначених 200-300 млн \$, і становити з врахуванням індексації на 2022 рік від 40-100 млн \$ в залежності від продуктивності.

Інвестиції в розвідку та розробку пласта (тобто буріння) становлять найбільшу частину всіх інвестицій. Загальна оцінка цих витрат ускладнюється через різні геологічні умови, що впливають на буріння, закінчення та інтенсифікацію пласта. Інвестиційні оцінки резервуара на ранній стадії геотермального проєкту зазвичай ґрунтуються на існуючих даних щодо інших пробурених та завершених свердловин. Для детальних розрахунків вартості використовується інформація про геологічне об'єкт. Такі розрахунки повинні також враховувати додаткові значення для непередбачені проблеми - зазвичай від 10% і вище у маловивчених районах.

Узагальнений розподіл витрат по основним напрямкам наведено нижче на рис. 2.

Термін освоєння геотермальних ресурсів ділянки Солотвино встановлено як середній розрахунковий період для аналогічних проєктів за даними джерел (Geothermal Handbook, 2012; IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021). В різних публікаціях і шаблонах пропонують використовувати період для геотермальних проєктів: 15 років – як мінімальний з огляду на тривалий термін підготовки, будівництва і запуску експлуатації; 30 років – середній розрахунковий термін; 50 років – максимальний з врахуванням можливої зміни технології протягом даного періоду.

Витратні складові на геотермальний проєкт є дуже чутливими до індивідуальних характеристик кожної ділянки, геолого-промислових типів ресурсу, наявності та особливостей інфраструктури та інших чинників. Як правило на ранніх стадіях оцінки використовують показники проєктів-аналогів або еталонні (типові) значення витрат в залежності від технологічного типу установки, що описані у відповідному розділі.



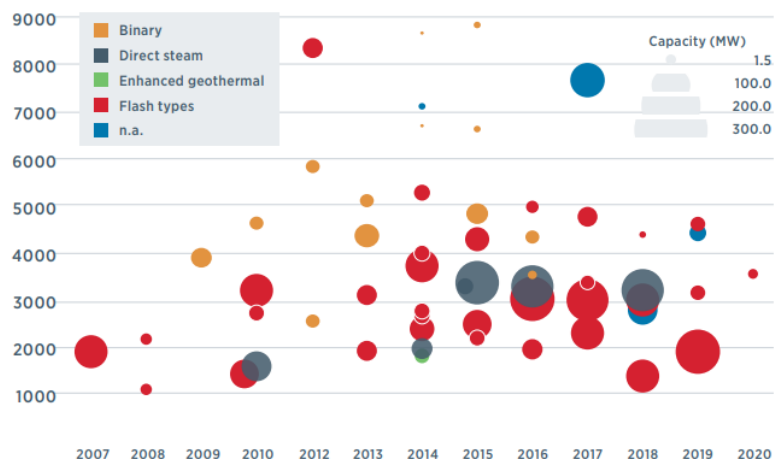
**Рис. 2. Розподіл капітальних витрат по основним напрямкам проєкту за даними (Geothermal Investment Guide, 2011; Comparative Analysis, 2021)**

Типові витрати на геотермальні електростанції за даними міжнародних організацій і довідкових даних коливаються від 1870 до 5050 \$ за кіловат (кВт), при цьому бінарні установки є зазвичай дорожче, ніж пряме сухі парові та флеш-установки. Порівняльна вартість електроенергії (LCOE) для геотермальних електростанцій коливається від 0,04 до 0,14 \$ за кіловат-годину (кВт·год), припускаючи витрати на технічне обслуговування 110 \$ за кВт на рік для 25 років економічного життя проєкту (IRENA, 2017; Preparing Feasibility, 2021).

Протягом останніх фіксується істотне зниження питомих витрат на отримання одиниці енергії для всіх типів геотермальних установок. Очікується, що витрати на геотермальні технології будуть і далі зменшуватися до 2050 року, як результат покращення показників бізнес-обґрунтування та сприяння їхньому зростанню. Європейська комісія (ЄК) прогнозує, що витрати на встановлення як флеш-, так і бінарних установок зменшаться до 2050 року).

Проєкти геотермальної енергії є капіталомісткими, однак вони мають дуже низькі та передбачувані експлуатаційні витрати. Загальна встановлена вартість геотермальної електростанції покриває розвідку та оцінку ресурсів, включаючи: розвідувальне буріння; буріння експлуатаційних та нагнітальних свердловин; об'єкти наземної інфраструктури, системи збору та утилізації геотермальної рідини та інші наземні установки; електростанція та пов'язані з нею витрати; витрати на розробку проєкту та витрати на підключення до мережі. Крім того, діапазон витрат на геотермальні електростанції значною мірою залежить від типу електростанції (флеш- або бінарна), продуктивності свердловин (кількості свердловин) та інших характеристик геотермального поля. Загальні витрати на встановлення геотермальних електростанцій зазвичай становлять від 1870 \$ за кВт до 5050 \$ за кВт, при цьому витрати дуже залежать від індивідуальних параметрів проєкту (рис. 3). Наприклад, встановлення додаткових потужностей на існуючих родовищах може бути значно дешевшим, ніж для нових проєктів, а також витрати на проєкти з більш складними умовами на ділянці будуть на вищій межі діапазону (IRENA). Як правило, витрати на двокомпонентні установки, як правило, вищі, ніж витрати на установки з прямою парою та миттєвого випаровування.

Оцінка капіталовкладень для пілотного геотермального проєкту базується на вище приведених даних технологічних типів установок та їх продуктивності, а також обсягів і структури капітальних вкладень у типові геотермальні проєкти. В табл. 1 наведені вихідні дані по типам геотермальних установок, які дозволяють обґрунтувати наступний розрахунок капіталовкладень (CAPEX).



**Рис. 3. Розподіл питомих витрат геотермальних проєктів за даними IRENA протягом 2007-2020 років по технологічним типам**

**Таблиця 1**

**Вихідні дані для оцінки капітальних витрат**

Типи геотермальних установок	Температура	Потужність установки MW	
	T	min	max
Установки прямої сухої пари / Direct dry steam plants	150	8	140
Флеш-станції /Flash plants	180		
single-flash		0,2	80
double-flash		2	110
triple-flash		60	150
Бінарні установки/ Binary plants	100	1	50
Комбіновані або гібридні установки Combined-cycle or hybrid plants	100	1	10

Експлуатаційні витрати визначені за даними проєктів аналогів із розподілом на умовно-постійні і змінні витрати. Постійні витрати прийняті на рівні 143 \$/кВт-год. в рік, умовно-змінні витрати прийняті на рівні 1.21 \$/МВт-год (табл. 2).

**Таблиця 2**

**Оцінка експлуатаційних витрат**

Складові експлуатаційних витрат	Одиниці виміру	Пілотний геотермальний проєкт для типових умов Закарпатської області, \$	
		10 МВт-год	15 МВт-год
Умовно-постійні витрати/Fixed costs \$/кВт-год. в рік / \$ per KW per year	143,22	1432200	2148300
Умовно-змінні витрати/Variable costs \$/МВт-год/ \$ per MW hour	1,21	87120	130680

При проведенні вартісної оцінки проєктів також необхідно враховувати певні особливості інвестування у сфері геотермальної енергетики. У всьому світі до 90% інвестицій в геотермальні проєкти використовують певний аспект державної позики або акціонерного капіталу. Ці фінансові механізми необхідні, щоб зменшити ризики реалізації геотермальних проєктів, що допоможе збільшити інвестиції приватного сектора. Спеціальний фонд CIF та Climate Policy Initiative відзначають чотири ключові сфери підтримки геотермальних проєктів:

1. Підтримуюча нормативна база та чіткі стратегічні цілі розгортання проєктів, пільгові тарифи, призначені для переміщення операційних ризиків, що забезпечує впевненість у доходах протягом усього життя проєкту;

2. Диференційована підтримка на етапі розвідки для стимулювання участі приватного сектору;

3. Довгострокове недороге кредитування до вивільнення власних ресурсів;

4. Зменшення ризиків за допомогою державних гарантій для покупців, страхування політичного ризику міжнародними фінансовими установами, а також інші засоби пом'якшення ризиків, зокрема, підтримка міжнародних фінансових установ у придбанні технічних засобів і обладнання.

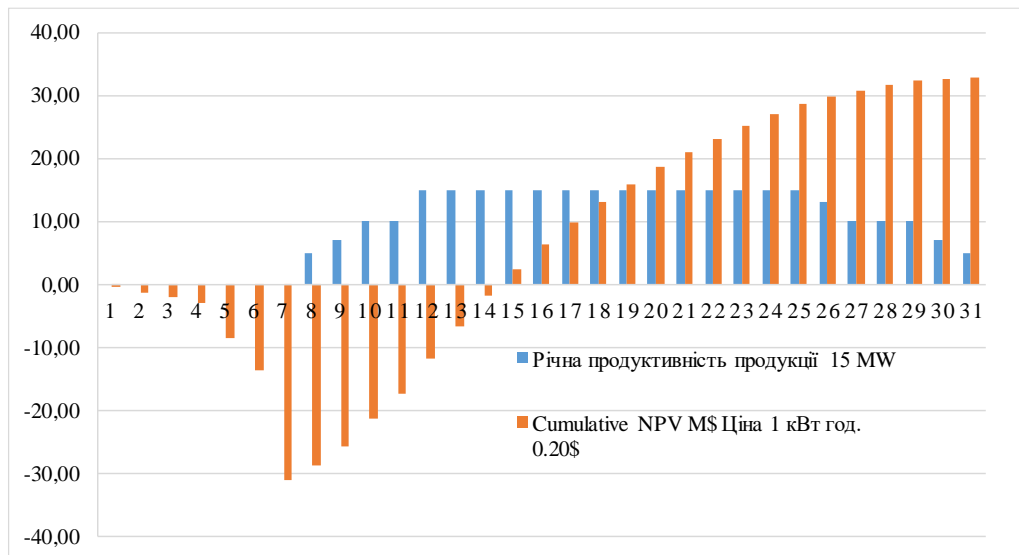
Відповідно до наведених рекомендацій визначення продуктивності, витратних і доходних складових були розраховані показники економічної ефективності пілотного геотермального проєкту для типових умов Закарпатської області (таблиця 3).

**Таблиця 3**

**Співставлення показників економічної ефективності пілотного геотермального проєкту по варіантам розрахунку**

Найменування показників	Варіанти			
	1	2	3	4
Річна продуктивність МВт	10	10	15	15
Термін експлуатації, років	30	30	30	30
Ставка дисконту (E), %	10	10	10	10
Капітальні вкладення М\$	30,5	30,5	45,50	45,50
Ціна 1 кВт год. \$	0,20	0,22	0,20	0,22
Річний дохід (виручка) від реалізації товарної продукції, М\$	9,18	9,96	13,80	15,18
Річний валовий прибуток (GPt) М\$	6,89	7,68	10,37	11,75
Річний чистий прибуток, М\$	5,65	6,30	8,51	9,64
Сумарний чистий прибуток, М\$	175,3	195,2	263,7	298,8
Грошовий потік, М\$	205,8	225,7	309,2	344,3
NPV, М\$	23,1	27,3	33,0	40,1
ВНП/IRR %		21	20,5	
Термін окупності всіх капітальних вкладень, років	3,6	3,3	5,2	4,6
Рентабельність витрат, %:				
по чистому прибутку	більше 100%			

За співставленням розрахункових варіантів найбільш прибутковими є 3 та 4, які передбачають продуктивність 15 МВт/рік та ціну внутрішніх (3 варіант) та експортних постачань (4 варіант) 1 кВт год. на рівні 0.2 та 0.22\$ відповідно, але вони також характеризуються і більшим терміном окупності капіталовкладень. 3 варіант має найбільший термін окупності – більше 5 років, 4 варіант – 4.6 років. Сумарний чистий прибуток цих варіантів є 264 млн \$ та 299 млн \$, грошовий потік – 309 млн \$ та 344 млн \$ відповідно. За співвідношенням показників прибутковості і окупності інвестицій більш ефективним може бути 2 варіант, який передбачає продуктивність 10 МВт/рік та ціну експортних постачань 1 кВт год. на рівні 0.22\$. Для нього чистий сумарний прибуток складе 195 млн \$ і термін окупності капіталовкладень 3.3. роки.



**Рис. 4 Динаміка продуктивності та грошового потоку для 3 варіанту освоєння**

За результатами техніко-економічних розрахунків і аналізу чутливості пілотний проєкт є достатньо стійким до можливої мінливості витратних і доходних показників, що може бути спричинено реалізацією ризиків або невизначеностей, які існують на даній стадії вивчення ресурсів.

#### **Список використаних джерел:**

1. *Geothermal Handbook : Planning and Financing Power Generation* Magnus Gehringer and Victor Loksha Energy Sector Management Assistance Program. (2012). The World Bank// [https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL\\_Geothermal%20Handbook\\_TR002-12\\_Reduced.pdf](https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf)
2. *Geothermal Investment Guide*// [www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf](http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf)
3. *GeoVision: Harnessing the Heat Beneath our Feet*. U.S. Department of Energy, DOE, 2019// <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geovision>
4. *Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (2021)// <https://www.esmap.org/node/56863>
5. IRENA (2017), *Geothermal Power: Technology Brief*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
6. *Magnus Gehringer and Victor Loksha. Geothermal Handbook : Planning and Financing Power Generation*. Energy Sector Management Assistance Program (2012). The World Bank// [https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL\\_Geothermal%20Handbook\\_TR002-12\\_Reduced.pdf](https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf)
7. *Minventory metadata portal*. National reporting. Data harmonisation and standardisation, 2023. [https://ec.europa.eu/assets/jrc/minventory/national-reporting26c9.html?field\\_cs\\_country\\_lexique\\_tid=](https://ec.europa.eu/assets/jrc/minventory/national-reporting26c9.html?field_cs_country_lexique_tid=)
8. *OLADE* (Organizaciyn LatinoAmericana de Energia), BID (Banco InterAmericano de Desarrollo). *Guia para estudios de reconocimiento y prefactibilidad geotermicos*, Quito, Ecuador; (1994). 146 p
9. *Preparing Feasibility Studies for Financing of Geothermal Projects: An Overview of Best Practices*. ESMAP. (2021). Washington, DC: World Bank. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO



## БАГАТОФАКТОРНА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ КОНВЕРТАЦІЇ ГАЗОВИХ РОДОВИЩ В ГЕОТЕРМАЛЬНІ ПРОЄКТИ

*Віршило І.В.<sup>1,2</sup>, к.геол.н., доцент, ivirshylo@gmail.com;*

*Братах М.І.<sup>1</sup>, к.тех.н., Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua ,*

*Скрипник В.В.<sup>1</sup>, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua;*

*Акімова Д.Є.<sup>2</sup>, da250901@gmail.com;*

*Івко А.В.<sup>2</sup>, antonizivko@gmail.com;*

*1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,*

*2 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

В роботі розглянуті основні геологічні фактори, що впливають на параметри промислового освоєння геотермальних проєктів. Визначено граничні значення дебітів та температури, що дозволяють будівництво гідротермальної електростанції встановленої потужності 10МВт. На прикладі Солотвинської западини (Закарпатська область) розглянуто потенційні геотермальні системи та фактори ризику, що зумовлюють стратегію геологорозвідувальних робіт. Розширені застосування геотермальних систем можуть бути модифікуючими чинниками при виборі граничних показників геотермальних проєктів.

## MULTIFACTOR ASSESSMENT OF GAS-TO-GEOTHERMAL FIELD CONVERSION

*Virshylo I.<sup>1,2</sup>, PhD (Geol.), Associate Professor, ivirshylo@gmail.com;*

*Bratakh M.<sup>1</sup>, PhD (Eng.), Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua,*

*Skrypnyk V.<sup>1</sup>, viktoriia.skrypnyk@ugv.com.ua;*

*Akymova D.<sup>2</sup>, da250901@gmail.com;*

*Ivko A.<sup>2</sup>, antonizivko@gmail.com;*

*1 – JSC «Ukrigasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,*

*2 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

The paper examines the main geological factors affecting the parameters of industrial development of geothermal projects. For the case of a hydrothermal power plant with an installed capacity of 10 MW the cut-off values of flow rate and temperature have been determined. On the example of the Solotvyno Basin (Transcarpathian region), potential geothermal systems and risk factors defined. Further geological exploration strategy are considered. Enhanced applications of geothermal systems can be modifying factors when choosing the cut-off values of geothermal projects.

**Вступ.** Дискусія навколо доцільності залучення геотермальних ресурсів точить вже понад півсторіччя. Цей період включає в себе багато перспективних наробок, але впевненого розвитку ця енергетична галузь почала набувати тільки в останні десять років. В Україні це конкурентне змагання тільки починається і дуже важливим є аналіз не тільки переваг, але й ризиків та недоліків, що є стримуючими факторами. В ланцюгу «доступ до ресурсу – технологія – економіка» тут ми висвітлюємо переважно перший компонент, але висновки впливають на дерево рішень стосовно двох наступних.

Актуальність геотермальних проєктів визначається їх місцем в програмах декарбонізації. Україна, як і більшість країн світу приймає національно визначений внесок (ННВ2) у програму скорочення викидів парникових газів, що фіксується Паризькою угодою [14]. АТ «Укргазвидобування» розподіляє зусилля між усіма трьома напрямками (Score I – скорочення прямих викидів парникових газів, Score II – заміщення джерел спожитої енергії на кліматично-нейтральні, Score III – компенсація викидів газів, що генеруються зовнішніми агентами через спалювання купленого природного газу). Score II має багато конкурентних опцій відновлювальної або альтернативної енергії (сонячна, вітрова, атомна, воднева, геотермальна та гідро енергетика). Також в цьому напрямку задіяні заходи енергоефективності (скорочення споживання енергії, використання когенерації, зміна технологічних процесів). Також Товариство усвідомлює довготермінову перспективу скорочення ринку споживання газу як енергетичного палива і вибудовує стратегію із нарощення долі виробництва кліматично-нейтрального палива, що позначиться і на величині Score III.

На відміну від суто наукового підходу до аналізу потенціалу геотермальної енергії, метою нашого дослідження було визначити промислову перспективу переходу до геотермальних

проектів з позиції найбільшої газовидобувної компанії країни. Завданням дослідження є визначення промислового підходу, що дає реальні шанси на реалізацію комерційних проектів.

Відомо, що геотермальні проекти мають низку переваг у порівнянні з конкурентними галузями:

- Високий фактор потужності (0,7..0,75, вище тільки атомна енергетика) [2];
- Висока маневреність потужності;
- Низьку вартість паливної складової у оперативних витратах;
- Меншу потребу у землекористуванні порівняно із іншими відновлювальними технологіями.

Натомість, геотермальні проекти не набули широко комерційного застосування завдяки стримуючим факторам [1,3-5,8-9]:

- Проекти є критично прив'язаними до географічного розташування, не тільки у сенсі доступу до геологічного ресурсу, але і в сенсі локального споживання теплової складової;
- Проекти мають низьку маржинальність і відповідно тривалий період окупності (часто 7-8 років);
- Проекти мають складний технологічний процес, високі вимоги до обладнання і потребують ретельного планування наземної та підземної інфраструктури. Як результат початкові капітальні витрати також високі;
- І головне, високі геологічні ризики потребують тривалої геологічної розвідки і моделювання теплофізичних процесів в підземних колекторах на тривалий термін експлуатації майбутнього родовища (щонайменше 15 років).

Перелічені вище фактори зменшують інвестиційну привабливість геотермальних проектів за відсутності стимулюючого фінансування або пільг. Технологічна складність проектів (як геологічної так і інфраструктурної складових) стримує від входження малих та середніх гравців. Ситуація виправляється через переорієнтацію великих компаній нафтогазової галузі та сервісних компаній, що мають певний гандикап відносно нових гравців:

- значну експертизу у роботі з підземними резервуарами та флюїдами;
- значну геологічну базу даних у районах своєї основної діяльності;
- досвідчений персонал, який легко може освоїти нові процеси;
- інфраструктуру, частина із якої може бути використана або перепрофільована;
- налагоджені протоколи операційної діяльності.

В сумі це може дати виграш у декілька років на стадії геологорозвідувальних робіт. Середньозважена тривалість цієї стадії до етапу будівництва геотермальної електростанції у світі складає до 8 років [3,5,9], але вона може бути скорочена до 4-5 років в районах діючих або закритих нафтогазових родовищ.

Тепловий потенціал надр на території України добре вивчений попередніми роботами [7,10,18-22]. Регіони з найвищим тепловим потоком - Закарпатський прогин, Крим та Складчастий Донбас. Із міркувань безпеки досліджень та наявних потужностей родовищ УГВ, для пілотного проекту обрано Солотвинську западину. Автори щиро сподіваються швидко перенести набутий досвід на деокуповані території під час майбутнього відновлення.

**Методика дослідження.** Ми розглядаємо геотермальну систему у звичайного розумінні геологічних систем, що дають корисний ресурс – «джерело – транспорт – пастка». Основним джерелом ми вважаємо ендегенне тепло, що генерується мантийними та внутрішньокоровими магматичними джерелами. Радіогенне тепло має сильно підпорядковане значення. Солотвинська западина є крайовою частиною Паннонського басейну із зниженою товщиною літосфери і високим тепловим потоком. Геодинамічно, вона розташовується поблизу зони зчленування двох літосферних одиниць – АЛКАПА і Тиса-Дакія та гірського масиву Карпат. Це зона добре трасується активністю неогенового вулканізму (Вигорлат-Гутинська гряда, що має своє продовження на території Румунії) [6,11-13,23]. Залишки корових вулканічних осередків можуть пояснювати строкату мінливість теплового потоку, що спостерігається при детальних дослідженнях теплового потоку.

Транспортування тепла відбувається через тепломасоперенос у складчастому фундаменті та кайнозойському осадовому басейні. Головним невирішеним питанням залишається співвідношення між кондуктивною та конвективною складовими. Моделювання термічної історії розвитку басейну за допомогою програмного забезпечення PetroMod 1D не дає надійного пояснення спостереженого теплового потоку за рахунок стаціонарної складової теплових аномалій (кондуктивного прогріву) [21, власні дослідження]. Рух термальних вод в осадовому чохлі залежить від двох факторів – вертикальної міграції по розломах (структурний чинник) та латеральної міграції через проникні породи (фільтраційний чинник). У випадку Солотвинської западини, ми враховуємо наявність потужної соляної товщі верхньотереблянської світи бадену, що ізолює надсольовий комплекс від підсольового з точки зору фільтрації і має суттєво контрастні теплофізичні властивості (петрофізичний чинник). Також контрастними з точки зору теплофізичних властивостей є туфовмісні (переважно кислого або середнього складу) товщі, насамперед новоселицька світа. Параметри палеогенових та мезозойських відкладів мають значну ступінь невизначеності із-за недостатнього ступеню геологічного вивчення глибоким бурінням, Ці відклади інтенсивно дислоковані, їх товщини та тектонічні взаємовідносини між собою часто є дискусійними. Поточні геофізичні матеріали (переважно сейсмічні) дають широкі інтерпретації цього тектонічного чинника.

Окрім теплофізичних властивостей, важливими є механічні властивості порід, що в процесі майбутнього видобутку тепла будуть мати динамічні зміни. Це призводить до ризику змін напружено-деформованого стану гірського масиву і може продукувати як наведену сейсмічність, так і повільні деформації у сольовій товщі.

Гідрогеологічний чинник є вкрай важливим, оскільки наявність інтенсивного водообміну не тільки сприяє нерівномірному прогріву, але й створює саму можливість використання гідротермальної енергії в проєктах відкритого циклу. Його розділити на:

- літологічний фактор (визначає теплофізичні та механічні властивості колекторів);
- фільтраційні властивості (проникність);
- інтенсивність водообміну (дебіт);
- гідрохімія (теплоємність флюїду, корозійні властивості);

В кількісному вимірі, ми маємо оцінити цю багатофакторну систему з точки зору параметрів кондиції для промислового використання. Граничні значення впливають із вимог до встановленої потужності, які визначаються потребами локальних споживачів та обраною технологією.

Потужність електричної системи має єдине обмеження – наявність існуючої високовольтної лінії для підключення в загальнодержавну мережу. Наявність надлишкової потужності може стимулювати будівництво нових ліній електропередачі, в тому числі транскордонних. Оцінка ефективності електричної генерації може бути описана формулою [16]:

$$\eta = \frac{W_e}{h \times m} \quad (1)$$

де  $\eta$  – ефективність,  $W_e$  – встановлена електрична потужність,  $h$  – ентальпія,  $m$  – маса теплоносія, що переноситься за одиницю часу.

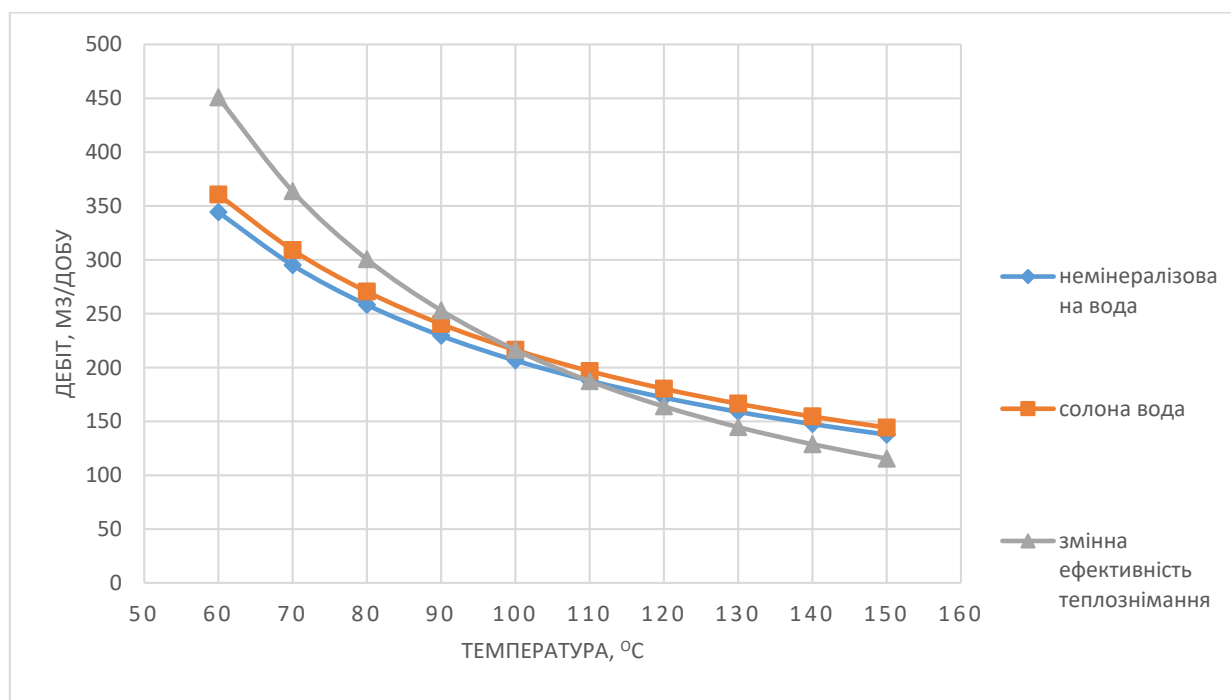
Статистичні дані [16] дозволяють оцінювати ефективність в 10% як досяжну величину для більшості відомих проєктів, що може бути прийнято як граничний параметр. Ентальпія при постійному тиску буде визначатися як добуток теплоємності та температури. Підтримка постійного тиску теплоносія є важливим питанням технології. Дебіт (маса) флюїду обмежений геологічними чинниками при відкритому циклі і регулюється геометрією свердловини, градієнтом температури і теплоємністю вміщуючих порід, обсадки свердловини та флюїду при закритому циклі.

Ця спрощена схема дозволяє обрати цільові граничні параметри для геологорозвідувальних робіт. Для встановленої потужності 10МВт та ефектності 10% при наявності слабкомінералізованих пластових вод, розподіл між температурою та дебітом буде відповідати рис.1. Відповідна крива для мінералізованої води дає незначне збільшення

необхідного дебіту за рахунок нижчої теплоємності. Також можна розглянути випадок змінної ефективності використання теплової енергії води - завдяки зростанню ентальпії при підвищенні температури ефективність має зростати, що узгоджується із даними реальних проєктів [16].

Для температури 100 °С, цільовий добовий дебіт має становити не менш ніж 200 м<sup>3</sup>. В межах Солотвинської западини, така температура характерна для інтервалу глибин 2000..2500 метрів, переважно представлених палеогеновим або мезозойським відкладами. За фондовим матеріалами подібні дебіти зустрічаються не часто. Тому наступним геологічним об'єктом є потенційні тріщинуваті колектори мезозою (карбонатні породи юри, тріасу) або теригенні колектори крейди з температурою 130..150 °С та дебітом 150 м<sup>3</sup>/добу. Цільовий інтервал для пошукового буріння – 3500..4500 м.

Ключові фактори ризиків для потенційних geothermal plays в Солотвинській западині охарактеризовані в таблиці 1. Наведені оцінки є узагальнюючими і не виключають успішних проєктів у визначених цільових горизонтах. В межах басейну виявлені просторові закономірності, що покращують шанси успіху окремих структур, робота із оцінки карт ризиків наразі ще триває.



**Рис. 1. Залежність між дебітом та температурою пластових вод для забезпечення встановленої електричної потужності ГеоЕС 10МВт**

Таблиця 1

**Аналіз факторів для виділених потенційних геотермальних систем в межах Солотвинської западини**

<b>Фактори \ plays</b>	<b>Надсольовий неогеновий</b>	<b>Підсольовий неогеновий</b>	<b>Палеогеновий</b>	<b>Крейдовий</b>	<b>Юрський та тріасовий</b>
Літологічний	Теригенні	Теригенно-вулканогенні	Теригенні	<b>Теригені Переважно глинисті</b>	Карбонати
Петрофізичний	(+) Висока теплопровідність підстилаючої солі	(+) Підвищена теплоємність		Низька теплоємність	?
Фільтраційний		тріщинуваті	?	<b>Низька проникність</b>	Тріщинуваті або кавернозні
Гідрогеологічний	<b>Слабкі дебіти</b>	<b>Слабкі дебіти</b>	?	?	?
Гідрохімічний		<b>Висока солоність</b>	?	?	?
Очікувана Температура, °C	<b>Низька (50-60)</b>	Понижена (70-90)	Перспективна (90-110)	? (90-130)	(+) Висока (110-150)
Тектонічний	Соляна тектоніка		Тектонічна дислокованість	Тектонічна дислокованість	Тектонічна дислокованість
Очікуване граничне значення дебіту (м³/добу)	350	250	200	160	140

*Де «?» позначає високий ступінь геологічної невизначеності.*

**Висновки.** Наведений аналіз факторів геотермальної системи формує стратегію подальших досліджень з фокусом на глибокі (донеогенові) горизонти з метою зниження існуючих ризиків. Насамперед, регіон потребує якісних сучасних сейсмічних матеріалів для встановлення тектонічної будови (блоки мезозойських порід, наявність проникних розломів). Наступним кроком має йти пошуково-розвідувальне буріння з щонайменше однією параметричною свердловиною до глибини 4500 м. Це дасть змогу отримання керну (зменшення невизначеності щодо літологічних, петрофізичних та фільтраційних властивостей) та випробування пластових вод (встановлення дебітів та хімічного складу води). В разі відсутності інтенсивного водообміну, глибокі горизонти можуть бути використані для технології свердловинних теплообмінників закритого циклу, планування гідророзриву для розширених геотермальних систем тощо.

Окупність такої системи може бути покращена за рахунок ретельного планування та відповідального споживання теплової енергії (промислові, сільськогосподарські проекти, рекреаційні і бальнеологічні проекти, опалення), вилучення мікрокомпонентів із пластових вод. Це дозволить понизити граничні вимоги до геологічних пошукових об'єктів.

**Список використаних джерел:**

1. Alfonso Aragyn-Aguilar, Georgina Izquierdo-Montalvo, Daniel Octavio Aragyn-Gaspar and Denise N. Barreto-Rivera. Stages of a Integrated Geothermal Project. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81017>
2. Bolson N., Prieto P., Patzek T. Capacity factors for electrical power generation from renewable and nonrenewable sources PNAS, 2022, V.119, No.52. <https://doi.org/10.1073/pnas.2205429119>
3. Comparative Analysis of Approaches to Geothermal Resource Risk Mitigation. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)// <https://www.esmap.org/node/56863>



4. Comparative analysis of approaches to Geothermal Resources Risk Mitigations. A Global Survey (2016). Report of the International Bank of Reconstruction and Development. Subir K. Sanyal, Ann Robertson-Tait, Migara S. Jayawardena, Gerry Hutter, and Laura Berman. – 46 p.
5. Geothermal Investment Guide// [www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf](http://www.geoelec.eu/wp-content/uploads/2011/09/D3.4.pdf)
6. Golonka, Jan, Lisa Gahagan, Michał Krobicki, Frantisek Marko, Nestor Oszczytko, and Andrzej Słaczka, 2006, Plate tectonic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region, in J. Golonka and F. J. Picha, eds., *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources*: AAPG Memoir 84, p. 11 – 46.
7. Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavorodnyaya, O.V., Logvinov, I.M., Tarasov, V.N. and Usenko O.V. [2004] *Geothermal atlas of Ukraine*. Korvin Press, Kiev.
8. IEA (2021), *Geothermal Power*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/geothermal-power>
9. IGA Service GmbH. *Geothermal exploration best practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis, and Presentation for Geothermal Projects*. Germany: Bochum University of Applied Sciences (Hochschule Bochum); 2013. 74 pp.
10. Majcin, Dusan & Kutas, R.I. & Bilcik, Dusan & Bezák, Vladimír. (2013). Thermal Conditions for Geothermal Energy in Transcarpathian Depression. 10.3997/2214-4609.20131736.
11. Marinel, Kovacs & Fulop, Alexandrina & Pécskay, Zoltán. (2014). Dome-building volcanic activity in the Oas-Gutai Neogene volcanic area, Eastern Carpathians, Romania.
12. Marinel, Kovacs & Pécskay, Zoltán & Fulop, Alexandrina & Jurje, Maria & Edelstein, Oscar. (2013). Geochronology of the Neogene intrusive magmatism of the Oaş—Gutâi Mountains, Eastern Carpathians (NW Romania). *Geologica Carpathica*. 64. 10.2478/geoca-2013-0033.
13. Nakapelyukh, M., Bubniak, I., Bubniak, A., Jonckheere, R., & Ratschbacher, L. (2018). Cenozoic structural evolution, thermal history, and erosion of the Ukrainian Carpathians fold-thrust belt. *Tectonophysics*, 722, 197–209.
14. Ukrainian national plan to reduce emission from large combustion plants. Approved in 2017, implementation started in 2021. [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=71199](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=71199)
15. V V Gordienko et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 249 012008 DOI 10.1088/1755-1315/249/1/012008
16. Zarrouk S. J., Moon H., Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review, *Geothermics*, V. 51, 2014, pp. 142-153, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2013.11.001>
17. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
18. Атлас сучасної геодинаміки Паннонського басейну / за ред. Ф.Хорвата, [https://geophysics.elte.hu/atlas/geodin\\_atlas.htm](https://geophysics.elte.hu/atlas/geodin_atlas.htm)
19. Гордиенко, В.В., Гордиенко, И.В., Завгородняя, О.В., Усенко, О.В., Тепловое поле территории Украины. – К.: Знание Украины. – 2002. – 170с.
20. Забарный Г.Н., Шурчков А.В., Задорожная А.А. Ресурсы и тепловой потенциал перспективных для промышленного освоения месторождений термальных вод Закарпатской области – К.: ИТТ НАНУ. – 1997. – 150с.
21. Кутас Р.І. Тепловий потік і геотермічні моделі земної кори Українських Карпат. *Геофізичний журнал*, 2014, №6, Т. 36., с.3-26.
22. Локтєв А.А., Температурний режим Закарпаття. *Мінеральні ресурси*. 2020. № 2, с.25-31
23. Макаренко І., Бієлік М., Старостенко В., Дерерова Я., Савченко О., Легостаєва О., Тривимірна густинна модель осадового заповнення Карпатсько-Паннонського регіону *Геофізичний журнал*, 2022, №6, Т. 44., с.24-62. DOI: <https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273639>

## СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ЗАКАРПАТТЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

*Поп С.С., д. ф.-м. н., проф, popstepan7@gmail.com,  
Шароді Ю.В., магістр географії, juliasharodi@gmail.com,  
Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»,  
м. Ужгород, Україна*

Проаналізовано потенціал та сучасний рівень освоєння сонячної енергії на території Закарпатської області. Охарактеризовано просторовий розподіл геліоенергетичного потенціалу області. Визначено райони найбільш перспективні для створення сонячних електростанцій (СЕС). З'ясовано позитивні і негативні аспекти розвитку сонячної енергетики та окремі проблеми геліоенергетики в сучасних умовах.

## SOLAR ENERGY OF TRANSCARPATHTIA: CONDICION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

*Pop S., Dr.Sci. (Phys.-Mat.), Prof., popstepan7@gmail.com,  
Sharodi Yu., master of geography, juliasharodii@gmail.com,  
Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine*

The potential and current level of solar energy development in the Zakarpattia region were analyzed. The spatial distribution of the region's solar energy potential is characterized. The most promising areas for the creation of solar power plants have been determined. Positive and negative aspects of the development of solar energy and individual problems of solar energy in modern conditions are clarified.

**Актуальність дослідження.** Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР), потенціал яких більш ніж достатній для повного забезпечення потреб Закарпатської області, є безальтернативним для успішного подальшого розвитку економіки краю. Це відповідає задекларованим цілям в Регіональній стратегії розвитку Закарпаття на період 2021-2027 роки та в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, якою передбачається стале розширене використання всіх видів відновлюваних енергетичних ресурсів [1, 2]. Наразі Закарпаття серед лідерів в Україні з розвитку сонячної енергетики, хоча 10 років тому про сонячну енергетику взагалі не йшлося, активно обговорювались можливості освоєння унікального гідроенергетичного потенціалу гірських річок Закарпаття, який становить четвертину зальноукраїнського. Тому актуальним є аналіз чинників успішної розбудови сонячних електростанцій (СЕС), переваг і недоліків сонячної енергетики серед інших джерел «зеленої» енергетики.

**Виклад основного матеріалу.** Закарпатська область має унікальний природний енергетичний потенціал (геотермальний, гідроенергетичний, вітровий, біоенергетичний та енергії Сонця). Освоєння тільки його економічно доцільної частини в кілька разів перевищує загальні енергетичні потреби регіону [3]. Пошук шляхів підвищення рівня енергозабезпечення Закарпаття за рахунок власних джерел продовжує залишатися актуальною задачею регіонального і загальнодержавного рівня.

Для розвитку сонячної енергетики перспективною є уся територія Закарпаття. Інтенсивність сонячної радіації в середньому складає 120 Вт/м<sup>2</sup>, що відповідає річному надходженню енергії 1000 кВт.год/м<sup>2</sup>. За величиною геліоенергетичного потенціалу на території області виділяється п'ять зон [4]. До першої відносяться райони полонинського хребта, масивів Свидовець, Чорногори. Річна сума сонячної радіації тут становить 4000-4300 МДж/м<sup>2</sup>, а тривалість сонячного сяйва 1400-1500 годин. Для цієї зони характерний максимальний розвиток хмарності у весняні і літні місяці і зменшення її взимку. Низька температура повітря, часті снігопади, заметілі, важка доступність є чинниками, які роблять використання геліоустановок у зимовий період проблематичним. Влітку можливе використання комбінованих вітро-геліопристроїв невеликої потужності для потреб полонинського та лісового господарства, туристичних комплексів тощо. Друга зона займає гірські лісові райони, які характеризуються крутосхильними хребтами. Ця зона характеризується порівняно високими значеннями сонячної

радіації, річна сума якої 3800-4000 МДж/м<sup>2</sup>, а тривалість сонячного саява 1500–1600 год. За величиною потенційних геліоресурсів дана зона відповідає вимогам до радіаційного режиму для ефективного використання геліоресурсів. Однак у цій зоні сильна розчленованість, порізаність рельєфу глибокими різкими зворами, важкодоступність, наявність крутих заліснених спричинює незначну освоєність людиною, а відтак немає потреби використання сонячної енергії. До третьої зони відноситься Вигорлат-Гутинський вулканічний хребет та широка Перечин-Липчанська долина. Річна сума сонячної радіації у цій зоні складає 3800–4000 МДж/м<sup>2</sup>, а тривалість сонячного саява 1600- 1800 годин. Цей район є щільно заселеним і перспективним для використання геліопристроїв. У четверту зону віднесено рівнинну територію Закарпаття, яка характеризується найбільшою тривалістю сонячного саява 1800–2024 год (в окремих районах до 2200 год) і сумарною сонячною радіацією 3800–4000 МДж/м<sup>2</sup> на рік. Це на 30 % більше, ніж у гірській зоні. У цій зоні доцільним і поширеним буде використання сонячного випромінювання для виробництва електроенергії як промислового масштабу, так і в домогосподарствах. До п'ятої зони відносяться ущелиноподібні долини гірських річок, окремі гірські райони, які визначаються значною повторюваністю орографічної хмарності. Ця зона характеризується умовами, при яких використання геліоресурсів є нерентабельним.

До 2012 року потенціал випромінювання Сонця на території Закарпаття за сучасними технологіями зовсім не використовувався. Водночас він є значним, перевищує 15000 млрд. кВт/год на рік, що в 1100 разів більше за потреби області на всі види енергоспоживання. Певну частину цього потенціалу можна використати спорудженням потужних промислових СЕС на деградованих та непридатних для сільськогосподарського освоєння земель. З прийняттям Закону України про запровадження «зеленого тарифу», сонячна енергетика почала стрімко розвиватися. Вперше на Закарпатті промислову СЕС введено в експлуатацію у 2012 році в Ужгородському районі у с. Ратівці потужністю 5,4 МВт, а в наступному році ще дві в цьому ж районі: Кам'яницьку СЕС потужністю 3,0 МВт та Ірлявську СЕС потужністю 9,99 МВт (рис.1) [5]. Остання на той час була найпотужнішою у Західному регіоні України. За 2013 рік власне виробництво електроенергії в області цими сонячними електростанціями становило 12,9 млн кВт/год. В подальшому щорічно введені потужності сонячної енергетики подвоювалися і станом на теперішній час промислових СЕС понад три десятки загальною потужністю понад 250 МВт. Найпотужніша серед них ФЕС «Шаланки», яка введена в експлуатацію у грудні 2019 року. Їх встановлена потужність – 35 МВт. На станції встановлені модулі JA Solar JAP72S01-330/SC та центральні інвертори Sungrow SG3000HV-MV. Запланований корисний відпуск електричної енергії складає 41,483 млн кВт·год/рік [6]. Ще більша динаміка спостерігається по зведенню СЕС на даху у домогосподарствах. У області відбувається справжній бум у встановленні СЕС потужністю в середньому 20-30кВт. В теперішній час їх кількість близько 4,5 тис, а загальна потужність становить понад 135 МВт. Перед повномасштабним вторгненням агресора і окупацією південних територій, де активно розвивалась сонячна енергетикана, за даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження Закарпатська область була на другому місці після Дніпропетровщини за кількістю встановлених сонячних електростанцій – 3744. Протягом 2021 року на Закарпатті обсяг реалізованої електроенергії за «зеленим» тарифом від роботи СЕС на домогосподарствах становив 98,7 млн кВт·год. Малопотужні СЕС переважно встановлюють у м. Ужгороді та Берегівському, Мукачівському і Хустському районах. Таке розміщення обумовлене найсприятливішими кліматичними умовами, концентрацією бізнесових структур та фінансовою спроможністю населення, яке тут краще забезпечене високоплатуваною роботою. У приватних домогосподарствах електроенергію, вироблену за допомогою СЕС, використовують для власного споживання, а різницю – для отримання прибутку через продаж за "зеленим" тарифом, який встановлює НКРЕКП.



**Рис. 1. Сонячна електростанція поблизу с. Ірлява (9,99 МВт, 2013 р)**

Окупність, генерація та, відповідно, вигода залежать від багатьох чинників, починаючи від початку роботи СЕС, використаного обладнання, якості збудованої електростанції, нахилу панелей до сонця, й завершуючи кліматичними умовами (кількістю сонячного випромінювання на квадратний метр, отриманого модулями даної станції). Усі ці чинники вкрай важливі. Для прикладу 30-кіловатна СЕС на приватному будинку у Берегівському районі упродовж 2020 року згенерувала понад 29 тисяч кВт·год. Власне споживання домогосподарства становило 4 тисячі кВт·год, а за "зеленим" тарифом родина реалізувала надлишок виробленої енергії в обсязі 25,6 тисяч кВт·год, що дало чистий дохід 123 тисяч гривень [7]. Встановлення СЕС здійснюється переважно у тих районах, де велика кількість сонячних днів, а саме у південних низинних районах Закарпаття. Тут тривале літо, яке за останні десятиріччя за даними гідрометеорологів стало довшим майже на два тижні.

Перспективними напрямками практичного використання геліоенергетичних ресурсів у Закарпаття є перетворення сонячної енергії у теплову за допомогою енергоустановок малої потужності, сонячних водонагрівників, геліотеплиць, опалювання будинків з використанням сонячних колекторів на дахах та стінах будинків тощо [8,9].

Серед проблем, які можуть гальмувати темпи розвитку сонячної енергетики і загалом відновлюваної енергетики в регіонах України виділимо нестабільність законодавчо-нормативної бази, особливо щодо зеленого тарифу та відсутність належної стратегії щодо регулювання зростання ВДЕ. Раніше взяті зобов'язання держави по "зеленому" тарифу стали тягарем для економіки країни уже на стадії досягнутих в теперішній час обсягів, а це не може приваблювати нових інвесторів. Необхідна довгострокова державна політика "зеленого" енергетичного заміщення традиційної енергетики. Адже попри певні проблеми з балансуванням енергії в єдиній енергетичній системі, які пов'язані, зокрема, з нестабільністю зеленої енергетики, її переваги очевидні:

- сонячне випромінювання - це безкоштовний невичерпний ресурс, який доступний повсюдно, щоправда з різною величиною щільності потоку, який в залежності від географічного положення території може відрізнятися до двох разів;
- екологічна безпечність для довкілля через відсутність скидів та викилів шкідливих речовин від діяльності сонячних електростанцій;
- швидкі будівництво сонячних електростанцій та їх окупність за умови сучасних підходів стимулювання виробників зеленим тарифом і пільгами щодо використання вітчизняного обладнання при будівництві генеруючи потужностей;
- простота проєктування СЕС і обслуговування обладнання та доступність широкого використання для потреб індивідуальних домогосподарств та малого бізнесу
- гарантоване придбання державою визначеного надлишку виробленої енергії.

До недоліків сонячної енергетики віднесемо:

- потреба використання значних площ землі під розміщення великої кількості панелей для потужної промислової сонячної енергетики, незважаючи на те, що їх технічні показники та якість помітно збільшені за останні роки шляхом технологічного вдосконалення;
- залежність виробленої СЕС енергії від часу доби і кліматичних умов, що спричинює проблеми балансування енергії в єдиній енергосистемі до якої вони приєднані;
- висока вартість сонячних панелей та вміст небезпечних речовини, зокрема, кадмію, галію, миш'яку і ін., що робить екологічно небезпечним як їх виробництво так згодом і їх утилізацію.

**Висновки.** Розвиток сонячної енергетики в Закарпатській області є динамічним як щодо будівництва потужних промислових СЕС, так і малопотужних (до 100 кВт) переважно для потреб населення і комунального сектора та малого бізнесу. Позитивним є значна активність спорудження малопотужних СЕС на дахах приватних будинків, які підключені до електромережі на умовах «зеленого тарифу», адже вони є найбільшими споживачами електроенергії, в т.ч для опалення помешкань.

**Список використаних джерел:**

1. Регіональна стратегія розвитку Закарпаття на період 2021-2027 років. Рішення сесії облради від 20.12.2020 р. №1631
2. Розпорядження КМ України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» від 18 серпня 2017 р. № 605-р. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
3. Поп С.С. Природні ресурси Закарпаття 3-є вид., допов.-Ужгород: «Карпати», 2009. – 340 с.: іл.32.
4. Поп С.С, Ганзел А.В., Зрінка І.В. Розвиток геліоенергетики в Закарпатській області Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Географія. Землеустрій. Природокористування. – 2014. – Вип. 3. – С. 279-285
5. Поп С.С., Шарді І.С. Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів Закарпатської області в контексті збалансованого розвитку. УГЖ. №3.2022.-С.36-44.
6. [unisolar.com.ua/projects/fes-shalanki-zakarpatska-obl/](http://unisolar.com.ua/projects/fes-shalanki-zakarpatska-obl/)
7. <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-nabirajut-oberti-privatni-ses-dosvid-zakarpattya/>
8. Сиротюк М.І. Відновні енергетичні ресурси Закарпатської області: оцінка потенціалу та проблеми використання : Автореф. дис. канд. геогр. наук. Львів, 1997. – 22 с.
9. Енергозбереження на Закарпатті. Сонячна енергетика. [Електронний ресурс].<http://www.carpathia.gov.ua>.



# ВОДЕНЬ – ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГІЇ МАЙБУТНЬОГО





## ОСОБЛИВОСТІ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ПЕРСПЕКТИВНИХ НА ВОДЕНЬ ДІЛЯНОК В ДДЗ, ВИДІЛЕНИХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТРАДИЦІЙНИХ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Якимчук М.А.<sup>1</sup>**, д. ф.-м. н., проф., yakymchuk@gmail.com,

**Корчагін І.М.<sup>2</sup>**, д. ф.-м. н., проф., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ, Україна,

2 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Представлені результати застосування мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації супутникових знімків та фотознімків на локальних ділянках та площах у ДДЗ. Експериментальні дослідження проведені з метою оцінки перспектив виявлення скупчень водню та вивчення особливостей глибинної будови ділянок водневої дегазації. Важливим результатом досліджень є факти виявлення базальтового вулканічного комплексу з воднем та живою (цілющою) водою, а також міграції водню та фосфору в атмосферу на ділянці, в межах якої наявність водню у ґрунтовому шарі підтверджено польовими вимірами. При обстеженні локальних депресій в семи районах ДДЗ лише на трьох встановлено наявність базальтових вулканічних структур із воднем та живою водою. Отже, локальні депресії на поверхні можуть бути сформовані вулканічними структурами з осадовими та магматичними породами, в яких у глибинних горизонтах розрізу створюються умови для синтезу газів та флюїдів, та їх подальшої міграції у верхні горизонти розрізу та в атмосферу. В межах Срібненської депресії виявлено сім типів вулканічних структур, із десяти встановлених експериментальними дослідженнями. Результати досліджень в ДДЗ підтверджують висновки фахівців щодо доцільності проведення в авлакогені геолого-геофізичних робіт та буріння свердловин з метою пошуків скупчень природного водню у верхній частині та в глибинних горизонтах розрізу.

## DEEP STRUCTURE PECULIARITIES OF PROMISING FOR HYDROGEN AREAS IN THE DDB, IDENTIFIED BY THE RESULTS OF TRADITIONAL GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES

**Yakymchuk M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., yakymchuk@gmail.com,

**Korchagin I.<sup>2</sup>**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., korchagin.i.n@gmail.com,

1 – Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine,

2 – Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kyiv, Ukraine

The results of application of mobile direct-prospecting technology of frequency-resonance processing and interpretation of satellite images and photographs in local areas of DDB are presented. Experimental studies were carried out in order to assess the prospects of hydrogen accumulations detecting and to study deep structure features of hydrogen degassing sites. An important result of research is discovery of a basalt volcanic complex with hydrogen and living (healing) water, as well as the migration of hydrogen and phosphorus into atmosphere in a local area, within which the presence of hydrogen in soil layer is confirmed by field measurements. During local depressions examining in seven areas of DDB, only in three areas the presence of basalt volcanic structures with hydrogen and living water was established. Consequently, local depressions on surface can be formed by volcanic structures with sedimentary and igneous rocks, in which conditions are created in the deep horizons of cross-section for the synthesis of gases and fluids, and their subsequent migration into upper horizons of cross-section and into atmosphere. Within Sribnenska depression, seven types of volcanic structures were found, out of ten established by experimental studies. The results of reconnaissance studies in the DDB generally confirm the conclusions of specialists about the expediency of carrying out geological and geophysical work in the aulacogen and drilling wells in order to search for natural hydrogen accumulations in upper part and in deep horizons of cross-section.

**Вступ.** В 2019-2021рр. в процесі проведення в різних регіонах земної кулі експериментальних досліджень з метою апробації частотно-резонансних методів обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків [1] значний обсяг експериментальних робіт проведено також на ділянках водневої дегазації з метою вивчення можливостей цілеспрямованого застосування мобільної прямопошукової технології для виявлення та локалізації скупчень водню та оцінки глибин (інтервалів) їх залягання у розрізі [2-4]. Доцільність проведення досліджень з метою розробки ефективних технологій виявлення та картування скупчень природного водню в колекторах розрізу, а також локальних зон та великих площ його міграції в атмосферу обумовлена намірами провідних країн світової спільноти перейти на використання безвуглецевих енергетичних ресурсів – вітрової, сонячної, геотермальної та водню. В статті наведено результати рекогносцирувального обстеження перспективних на



водень ділянок в Дніпровсько-Донецькій западині, виділених за результатами традиційних геолого-геофізичних досліджень [6].

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального та детального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової технології, яка включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та методику інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності великих пошукових блоків та локальних ділянок [1]. Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, сутність якої полягає в пошуку конкретної (шуканої в кожному окремому випадку) речовини. В основі розроблених методів лежать виявлені Ніколою Тесла у 1899 р. стоячі електричні хвилі в глибинних горизонтах Землі. В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних та магматичних порід (<http://rockref.vsegei.ru/petro/>), мінералів та хімічних елементів. Особливості та можливості використаних методів, а також методика проведення вимірювань описані більш детально в [1-4].

Зазначимо також, що на відміну від класичних геофізичних, використовуваних прямопошукові частотно-резонансні методи надають можливість у кожному конкретному випадку наповнювати розріз присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних і магматичних порід, а також визначати в першому наближенні (і уточнювати на етапах деталізації) глибини інтервалів розрізу, перспективних на виявлення горючих і рудних корисних копалин, під час проведення вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими апаратурно-вимірювальними пристроями (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів інструментальних вимірювань).

**Локальна ділянка вимірювань вмісту водню в ґрунті.** Супутниковий знімок ділянки водневої дегазації та вимірювань вмісту водню у ґрунті представлений на рис. 1а [6].



а)



б)

**Рис. 1. Супутниковий знімок локальної зони вимірювань дегазації водню в улоговині, в 30 км на схід від Києва (а) [6] та положення цієї зони на знімку більшої ділянки (б)**

В процесі частотно-резонансної обробки супутникового знімка (рис. 1а) з поверхні зареєстровані відгуки на частотах фосфору (червоного), водню, живої води, а також магматичних порід 6-ої (габро і базальти), 6А (долерити та андезити) та 6Б (лампроїти) груп. Сигнали від нафти, конденсату, газу, солі та осадових порід не отримані. Скануванням розрізу з поверхні, крок 1 см, верхня кромка базальтів зафіксована на глибині 9.5 м, а корінь базальтового вулкана визначений на глибині 723 км. Відгуки від гранітів (старих) на глибині 724 км не отримані.

На поверхні 9.5 м відгуки від водню та фосфору (червоного) із верхньої частини розрізу отримані із затримкою. При скануванні розрізу з 9.5 м, крок 1 см, відгуки на частотах водню

почали фіксуватися з 18 м, а живої води – з 22 м. Відгуки живої води зареєстровані на глибині 69 км (межа синтезу), а на глибині 68 км сигнали були відсутні. Зазначимо при цьому, що в базальтових вулканах з коренем на глибині 723 км синтез живої води здійснюється на поверхні 69 км, а із коренем на глибині 470 км – на 68 км.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (приповерхневого шару) отримані відгуки від водню та фосфору (червоного), що свідчить про їх міграцію в атмосферу.

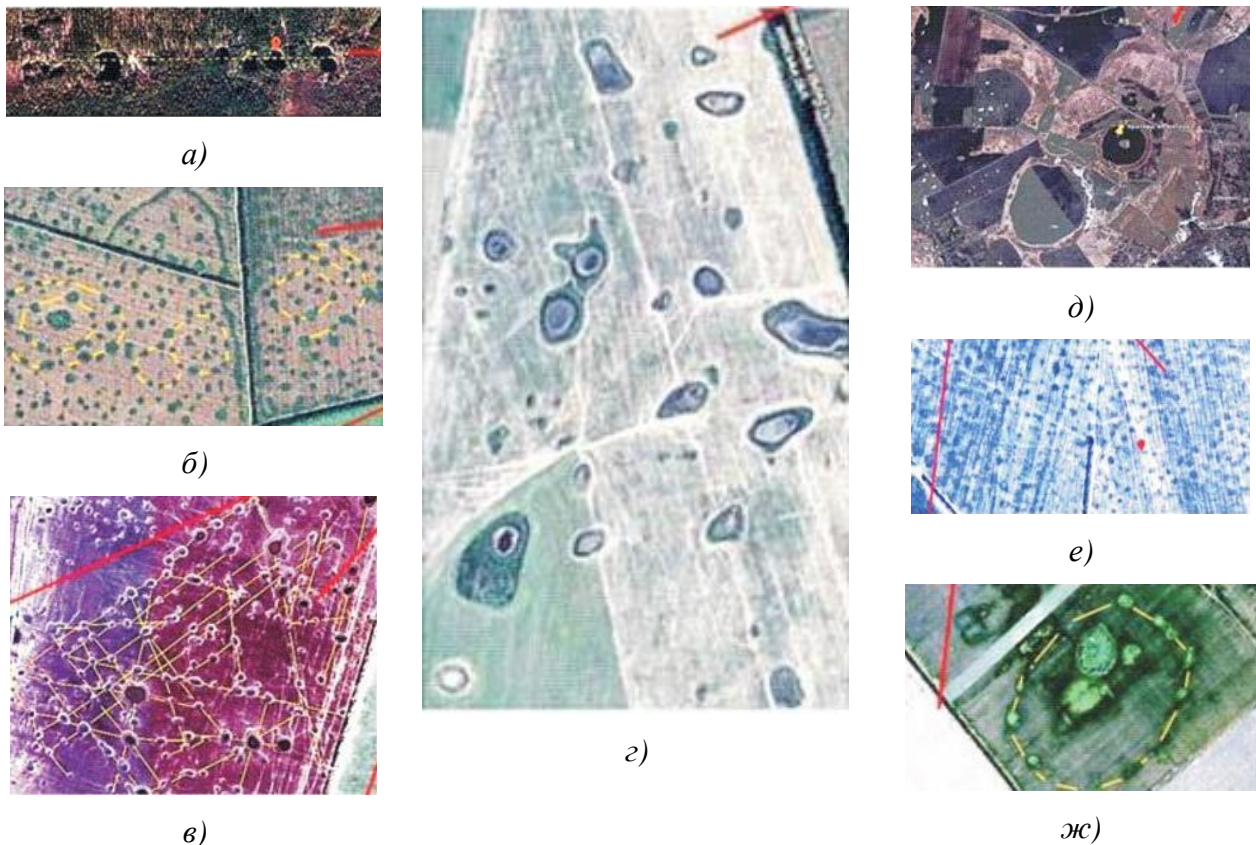
При обробці супутникового знімка більшої ділянки у цьому районі на рис. 1б із вирізом фрагмента на рис. 1а (прямокутник на рис. 1б) з поверхні зареєстровані сигнали на частотах фосфору (червоного), водню, бактерій водневих, живої води, базальтів глибинних, лонсдейліту та калійно-магнієвої солі. Відгуки від нафти, бактерій метаноокислюючих, мертвої води та солі натрій хлористої не отримані. Зареєстровані відгуки від 6-ої (базальти), 6А (із затримкою), 6Б (із затримкою), 7-ої (ультрамафічні), 8-ої, 9-ої, 10-ої, 15-ої, 16-ої, 17-ої і 18-ої груп магматичних і метаморфічних порід.

При скануванні розрізу з поверхні, крок 1 см, верхня кромка базальтів зафіксована на глибині 9.6 м. На поверхні 9.5 м з верхньої частини розрізу отримані відгуки від 2-ої (псаміти), 3-ої та 4-ої груп осадових порід.

При скануванні розрізу з 9.5 м, крок 1 см, відгуки на частотах водню зафіксовані з інтервалу 11-(18-інтенсивний)-20 м. Сигнали реєструвалися і надалі, але сканування не проводилося.

Відгуки від живої води почали фіксуватися з 24 м при скануванні з 9.5 м з кроком 1 см. А при скануванні з 21.5 м, крок 1 мм, відгуки від живої води почали реєструватися з 22.25 м.

**Ділянки локальних депресій у ДДЗ.** Супутникові знімки ділянок з локальними депресіями із статті [6] представлені на рис. 2. Розташування депресій в різних районах ДДЗ показано в [6]. В рекогносцирувальному режимі проведено обробку всіх знімків.



**Рис. 2. Різноманітність локальних депресій в межах Дніпровсько-Донецького авлакогену [6]**

*Ділянка 1.* В процесі частотно-резонансної обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 2а з поверхні зареєстровані сигнали на частотах живої води (з червоним фосфором в тому числі), бактерій водневих, водню, фосфору червоного, осадових порід 8-ої (доломіти) групи та



магматичних порід 6-ої (базальти), 6А та 6Б груп. Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км, а з інтервалу 470-996 км отримано відгуки від гранітів (старих). Скануванням розрізу, крок 10 см, верхня кромка базальтів зафіксована на глибині 69 м.

На поверхні 68 м із верхньої частини розрізу зареєстровані відгуки від доломітів, живої води та водню. Інструментальними вимірами встановлено факт міграції водню та фосфору червоного в атмосферу.

При скануванні розрізу з поверхні, крок 10 см, сигнали на частотах водню отримані з інтервалу 36-68 м (в доломітах). А відгуки від водню із базальтів зафіксовані з інтервалу 80-(120)-(130-інтенсивний)-(175-дуже інтенсивний)-192 м при скануванні з 60 м з кроком 10 см. Глибше сканування не проводилося.

При скануванні з поверхні, крок 1 мм, відгуки від живої води зафіксовані з 33 см. Це свідчить про існування джерела живої води на ділянці обстеження. Сигнали на частотах живої води зареєстровані на глибині 68 км, а на поверхні 69 км відгуки були відсутні.

*Ділянка 2.* Під час обробки фрагмента знімка на рис. 2б із поверхні зареєстровані сигнали від фосфору білого та солі. Відгуки від живої води, бактерій водневих, водню, вуглеводнів, бактерій метаноокислюючих та калійно-магнієвої солі не отримані.

Скануванням розрізу з поверхні, крок 10 см, верхня кромка солі визначена на глибині 50 м. Фіксацією відгуків на різних глибинах корінь соляного вулкана зафіксований на глибині 505.5 км (вперше в процесі проведення інструментальних вимірювань).

На глибині 50 м і з верхньої частини розрізу отримані відгуки від 2-ої (псаміти) і 3-ї груп осадових порід.

На поверхні 57 км відгуки від нафти з білим фосфором не отримані, а від білого фосфору сигнали зареєстровані. Відгуки від води з білим фосфором не зафіксовані також на поверхнях 0 м, 11 км, 46 км, 57 км та 59 км.

*Ділянка 3.* Під час обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 2в зареєстровані сигнали від фосфору білого та солі. Відгуки від живої води, бактерій водневих, водню та нафти не отримані.

Скануванням розрізу з поверхні, крок 10 см, верхня кромка солі зафіксована на глибині 132 м. Корінь соляного вулкана визначено на глибині 723 км, а з інтервалу 723-996 км отримано відгуки від гранітів (старих). На поверхні 131 м з верхньої частини розрізу зафіксовані сигнали на частотах 1-ої, 2-ої, 3-ої, 5-ої та 6-ої груп осадових порід.

*Ділянка 4.* Під час обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 2г з поверхні зареєстровані сигнали від фосфору білого, солі та осадових порід 1-ої, 2-ої, 3-ої та 6-ої груп. Відгуки від живої води, бактерій водневих, водню, газу та конденсату не отримані.

Скануванням розрізу з поверхні, крок 10 см, верхня кромка солі зафіксована на глибині 214 м. Корінь соляного вулкана визначено на глибині 723 км, а з інтервалу 723-996 км отримано відгуки від гранітів (старих). На поверхні 214 м з верхньої частини розрізу отримані сигнали на частотах 1-ої, 2-ої, 3-ої та 6-ої груп осадових порід.

*Ділянка 5.* У процесі частотно-резонансної обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 2д зареєстровані сигнали на частотах живої води, бактерій водневих, водню, фосфору червоного, базальтів глибинних, осадових порід 8-ої (доломіти) групи та магматичних порід 6-ої (базальти), 6А та 6Б груп. Відгуки від вуглеводнів та солі не отримані.

Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 723 км, а з інтервалу 723-996 км отримано відгуки від гранітів (старих). Верхня кромка базальтів скануванням з кроком 10 см зафіксована на глибині 144 м.

На поверхні 144 м із верхньої частини розрізу отримані сигнали від водню з доломітів. Скануванням розрізу з кроком 10 см, сигнали від водню з доломітів отримані з інтервалу 85-(125-інтенсивний) (140-дуже інтенсивний)-144 м.

Відгуки від водню з базальтів отримані з інтервалу 168-(280-дуже інтенсивний)-308 м при скануванні з 140 м з кроком 10 см (глибше сканування не проводилося).

При скануванні розрізу з поверхні, крок 1 см, 10 см, відгуки від живої води були відсутні до 30 м (глибше сканування не проводилося). Сигнали на частотах живої води зареєстровані на глибині 69 км, а на поверхні 68 км відгуки були відсутні.

*Ділянка 6.* Під час обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 2е з поверхні зареєстровані сигнали від фосфору білого, солі та осадових порід 1-ої, 2-ої, 3-ої груп. Відгуки від живої води з білим фосфором, водневих бактерій, водню, вуглеводнів не отримані.

Корінь соляного вулкана зафіксовано на глибині 505.5 км.

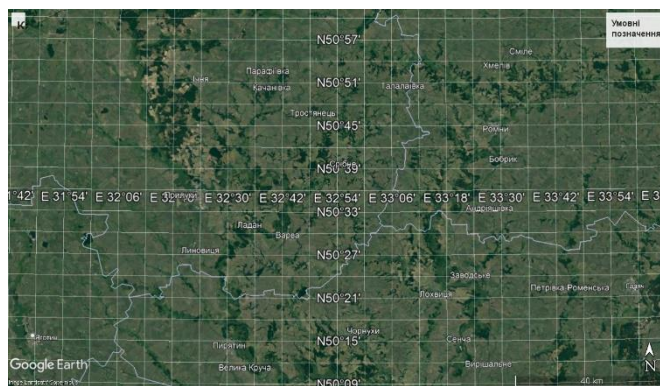
*Ділянка 7.* У процесі частотно-резонансної обробки фрагмента супутникового знімка на рис. 1ж з поверхні зареєстровані сигнали на частотах живої води, бактерій водневих, водню, фосфору червоного, осадових порід 8-ої (доломіти) групи та магматичних порід 6-ої (базальти) групи. Відгуки від глибинних базальтів і вуглеводнів не отримані.

Корінь базальтового вулкана визначено на глибині 470 км. Верхня кромка базальтів скануванням з кроком 10 см зафіксована на глибині 189 м. На поверхні 189 м з верхньої частини розрізу отримані сигнали від водню, доломітів та 2-ої і 3-ої груп осадових порід.

Скануванням розрізу з кроком 10 см, сигнали від водню з доломітів отримані з інтервалу 59-(76-інтенсивний) (100-дуже інтенсивний)-155 м. Відгуки від водню з базальтів зафіксовані з інтервалу 201-(216-інтенсивний) (235-дуже інтенсивний)-300 м при скануванні з 180 м з кроком 10 см (глибше сканування не проводилося).

**Район розташування Срібненської депресії (ДДЗ).** Перспективні для вивчення потенціалу водневої дегазації ділянки в межах Срібненської кільцевої структури показані на рисунку в статті [6], а супутниковий знімок цієї території – на рис. 3.

В процесі частотно-резонансної обробки супутникового знімку великого блоку обстеження (рис. 3) зареєстровані сигнали на частотах нафти, конденсату, газу, бурштину, вуглекислого газу, метаноокислюючих бактерій, фосфору (червоного, білого, жовтого), горючих сланців, газогідратів, антрациту, азоту, кисню, вуглецю, водню, бактерій водневих, живої води (червоним фосфором), льоду, алмазів, графіту (в гранітах старих), ртуті, золота, коєсита. Відгуки від глибинних базальтів, лонсдейліту і солі калійно-магнієвої не отримані.



**Рис. 3. Супутниковий знімок території розташування Срібненської депресії в ДДЗ**

Зафіксовані сигнали від солі натрій-хлористої, осадових порід 1-6-ої, 9-ої (мергелі), 10-ої (кременисті) груп, а також 1-ої (граніти: молоді, старі), 6-ої (габро та базальти), 6А (долерити та андезити), 6Б (лампроїти) та 11-ої (кімберліти) груп магматичних порід.

Фіксацією відгуків на різних глибинах визначено корені таких вулканічних комплексів: 1) сіль – 99 км; 2) базальти – 218 км; 3) 1-6-а групи осадових порід – 470 км; 4) граніти – 996 км; 5) мергелі – 723 км; 6) кременисті породи – 723 км; 7) кімберліти – 470 км.

На поверхні 0 м із верхньої частини розрізу (атмосфери) зафіксовано відгуки на частотах вуглекислого газу, фосфору (червоного, білого, жовтого), водню, кисню, азоту та газу, що свідчить про їх міграцію в атмосферу.

**Основні результати, коментарі, висновки.** Принципово важливим результатом проведених рекогносцирувальних досліджень є факти виявлення базальтового вулканічного комплексу з воднем та живою (цілющою) водою, а також міграції водню та фосфору (червоного) в атмосферу на локальній ділянці (рис. 1а), в межах якої наявність водню у ґрунтовому шарі

підтверджено польовими вимірами безпосередньо. До цього додамо, що аналогічні результати отримані також при обстеженні з використанням прямопошукових методів локальних ділянок в Франції, Бразилії та Канаді, в межах яких проводилися геолого-геохімічні дослідження та моніторинг процесів міграції водню в атмосферу.

Результати частотно-резонансної обробки супутникового знімка більшої площі (рис. 1б) в районі локальної ділянки вимірювань вмісту водню в ґрунті (і до того ж з вирізом цієї ділянки) свідчать про присутність у цьому районі відносно великого базальтового комплексу з воднем та живою (цілющою) водою. Контури цього базальтового вулкана можуть бути визначені у процесі детальної (площинної) обробки супутникового знімка району. Локальні зони (депресії) видимої водневої дегазації (у тому числі і на рис. 1а) можуть бути сформовані під час більш інтенсивніших процесів міграції водню у верхні горизонти розрізу та в атмосферу. Скупчення водню в колекторах розрізу можуть бути виявлені в контурах базальтових вулканів і за межами локальних депресій.

Обробка супутникових знімків із локальними депресіями в семи районах ДДЗ (рис. 2) показала, що тільки на ділянках розташування трьох з них встановлено наявність базальтових вулканічних структур із воднем та живою водою. Отже, локальні депресії на поверхні можуть бути сформовані (і формуються) не тільки на локальних ділянках міграції водню в атмосферу в межах базальтових вулканічних комплексів, а також в контурах вулканічних структур, заповнених осадовими та магматичними породами, в яких в глибинних горизонтах розрізу створюються умови для синтезу газів та флюїдів різного типу та їх подальшої міграції у верхні горизонти розрізу та в атмосферу. Ці результати свідчать також про те, що мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків надає можливість оперативно, в лабораторних умовах виділяти найперспективніші ділянки для проведення детальних геолого-геофізичних робіт та буріння з метою пошуків скупчень природного водню.

На обстеженій території Срібненської депресії виявлено 7 типів вулканічних структур, з десяти типів, які фіксувалися при проведенні обстеження великих площ і локальних ділянок в різних регіонах земної кулі. На території депресії не виявлено три вулканічні комплекси, заповнених 1) вапняками, 2) доломітами та 3) ультрамафічними породами.

В результаті проведених досліджень рекогносцирувального характеру в різних регіонах земної кулі отримано додаткові свідчення (факти) на користь вулканічної моделі формування зовнішнього вигляду та структурних елементів Землі, абіогенного синтезу нафти та газу, а також родовищ корисних копалин в процесі дегазації Землі [5].

На багатьох обстежених ділянках і площах розташування базальтових вулканічних структур скупчення водню фіксуються результатами інструментальних вимірювань у верхній частині розрізу над базальтами. У зв'язку з цим можна припустити, що особливості геологічної будови обстежених зон можна порівняти з такими на ділянці видобутку природного водню в Малі [7]. Детальне обстеження прямопошуковими методами ділянок фіксації сигналів на частотах водню з інтервалів розрізу над базальтами дозволить локалізувати найперспективніші зони для буріння пошукових свердловин.

Відзначимо також, що в публікаціях та інформаційних повідомленнях активно обговорюються також проблеми виробництва водню, у тому числі і «зеленого» з використанням відновлюваних джерел енергії – вітрової та сонячної. У цій ситуації проблема розробки ефективних технологій та методик пошуків та розвідки скупчень природного водню стає особливо актуальною. І представлені вище результати експериментальних робіт (у тому числі і на ділянці вимірювань вмісту водню у ґрунті) свідчать про доцільність активізації геологорозвідувальних робіт на природний водень та цілеспрямованого використання у цьому процесі прямопошукових геофізичних методів та технологій.

### Список використаних джерел:

1. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.
2. Якимчук М.А., Корчагін І.М. Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2020. № 9. С. 55–62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055>
3. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков: результаты использования для определения участков миграции газа и водорода на поверхность и в атмосферу. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 3-28.
4. Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков: потенциальные возможности и перспективы использования для поисков скоплений природного водорода. Геоінформатика. 2020. № 4. С. 3-41.
5. Шестопалов В.М., Лукин А.Е., Згоник В.А., Макаренко А.Н., Ларин Н.В., Богуславский А.С. Очерки дегазации Земли. Киев, тов. «БАДАТА-Интек сервис». 2018. 632 с.
6. Shestopalov V., Lukin O., Starostenko V., Ponomarenko O., Tsvetkova T., Koliabina I., Makarenko O., Usenko O., Rud O., Onoprienko A., Saprykin V., Vardapelian R. (2021) Prospects for exploration of hydrogen fields in riftogene structures of platforms (the case of the Dnieper-Donets Aulacogene). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(5), 3-18. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i5.244038>
7. Alain Prinzhofer, Cheick Sidy Tahara Cissé, Aliou Boubacar Diallo. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali). *International Journal of Hydrogen Energy* (IF5.816), Pub Date: 2018-09-25, DOI:10.1016/j.ijhydene.2018.08.193

## СТВОРЕННЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ФАЗИ ЛАВЕСА З МАГНІЄМ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ

*Дехтяренко В.А., д. тех. н., с. д., Devova@i.ua,*

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна*

В якості матеріалу основи було взято сплав  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{5,5}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  на основі фази Лавеса (об'ємна доля більше 80 %), який здатен поглинати водень при кімнатній температурі та тиску водню 0,23 МПа з високою швидкістю. Використовуючи метод водневого диспергування, було отримано порошок сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{5,5}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  з середнім розміром 30 мкм. Використовуючи операції змішування та пресування було отримано матеріал, який неможливо отримати традиційним методом лиття (дані матеріали не мають взаємної розчинності). Композитні матеріали отримувались за допомогою змішування порошків магнію з середнім розміром 100 мкм (5; 10; 20 мас.%) та гідриду на основі сплаву впродовж 8 годин, з послідовним двостороннім пресуванням при тиску 640 МПа. Пресування дозволило отримати високу контактну поверхню між порошками гідриду та магнію, а це у свою чергу, дозволило полегшити процес насичення магнію воднем. Для кожного спресованого композиту проводилось по три цикли сорбція-десорбція для збереження форми пресовки. Встановлено, що після трьох циклів сорбція-десорбція у фазовому складі спресованого композиту, окрім гідриду на основі сплаву та чистого магнію (вихідні фази), утворився і гібрид магнію.

## CREATION OF A COMPOSITE MATERIAL BASED ON LAVES PHASE WITH MAGNESIUM FOR HYDROGEN STORAGE

*Dekhtyarenko V., Dr. Sci. (Eng.), senior researcher, Devova@i.ua,*

*G.V. Kurdymov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

As the base material, an alloy  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{5,5}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  based on the Laves phase (volume fraction of more than 80%) was taken, which is capable of absorbing hydrogen at room temperature and a hydrogen pressure of 0.23 MPa with a high speed. Using the hydrogen dispersion method,  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{5,5}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  alloy powder with an average size of 30  $\mu m$  was obtained. Using mixing and pressing operations, a material was obtained that cannot be obtained by the traditional casting method (these materials do not have mutual solubility). Composite materials were obtained by mixing magnesium powders with an average size of 100  $\mu m$  (5; 10; 20 wt.%) and hydride on the basis of the alloy for 8 hours, followed by two-sided pressing at a pressure of 640 MPa. Pressing made it possible to obtain a high contact surface between hydride and magnesium powders, and this, in turn, made it possible to facilitate the process of magnesium saturation with hydrogen. For each pressed composite, three sorption-desorption cycles were carried out to preserve the pressed form. It was established that after three cycles of sorption-desorption in the phase composition of the pressed composite, in addition to the hydride based on the alloy and pure magnesium (initial phases), magnesium hydride was also formed.

### 1. ВСТУП

Сучасний розвиток водневого матеріалознавства дозволяє підбирати для вирішення певних технічних завдань водневої енергетики, матеріали з заданими властивостями - температурою і тиском синтезу і розкладання гідридів, термодинамічними і кінетичними характеристиками процесів гідридоутворення. До таких матеріалів в першу чергу відносять магній, титан та сплави на їх основі, а також інтерметалідні сполуки. Кожен тип існуючих на даний час водень-акумуючих матеріалів має як свої переваги, так і недоліки [1, 2].

До основних переваг магнію, як водень-акумуючого матеріалу, можна віднести найвищу з відомих матеріалів кількість сорбованого водню на рівні 7,67 мас.% [3]. Проте, сам процес отримання гідриду магнію є утрудненим і вимагає використання досить жорстких термобаричних умов для його реалізації та складної активаційної обробки. Крім того, при багаторазових циклах сорбція-десорбція стабільність гідриду магнію є недостатньою, що веде до поступової втрати необхідних характеристик.

Магній має дуже низьку швидкість взаємодії з воднем, особливо під час першого гідрування, що є найбільш проблемним моментом. Це пов'язано з утворенням на поверхні частинок тонкого шару гідриду магнію, що гальмує дифузійне проникнення атомів водню в глиб металу. Згідно з даними [4], перше гідрування магнію при температурі 340-350 °C та тиску водню до 3 МПа може бути завершено впродовж 6-336 годин. Реакцію можна прискорити,



збільшивши температуру гідрування до 400-450 °С і тиск водню до 10-20 МПа в поєднанні з деякими каталізаторами. Проте замість впливу тиску та температури на кінетику процесу сорбції, широко застосовують механічну активаційну обробку (наприклад, подрібнення магнію в шаровому млині) під тиском водню, що також є ефективним методом впливу на кінетику поглинання водню [5]. Крім того, [6] гідрид на основі магнію має високу термічну стабільність, що є негативною рисою для практичного використання.

Інтерметаліди, на відміну від магнію [7, 8], здатні з високою швидкістю взаємодіяти з воднем при кімнатній температурі без застосування попередньої термовакуумної або механічної обробки для активації взаємодії з воднем. Крім того, процес розкладання отриманих гідридів не потребує великих енергетичних затрат (при температурі 350 °С вдається досягти виділення всього поглинутого водню [9]). Важливість параметрів швидкості взаємодії матеріалу з воднем у порівнянні з водневою ємністю обумовлена тим, що при практичному використанні, особливо на транспорті, дуже важливо мінімізувати витрати часу та енергії на перезарядження водневого акумулятора.

На сьогоднішній день інтерметаліди, які можуть застосовуватися у мобільних або стаціонарних системах зберігання водню поділяються на три основні типи AB<sub>5</sub> AB та AB<sub>2</sub>, де основними представниками є з'єднання (LaNi<sub>5</sub>) [10], (TiFe) [11] фаза Лавеса (TiMn<sub>2</sub>) [12] відповідно. Кожен із представлених інтерметалідів має суттєво різні водневосорбційні властивості, що і визначає умови та межі їх практичного застосування.

Аналіз літературних даних [13, 14] показав, що останнім часом для практичного застосування водневих акумуляторів, особливо на транспорті, в якості матеріалів сорбентів водню, більш перспективними є сплави на основі інтерметалідів AB<sub>5</sub> або AB<sub>2</sub>. Проте, в роботі [15] дослідниками при створенні металогідридного акумулятора для вантажопідйомника, експериментально доведено, що сплави на основі фази Лавеса (тип AB<sub>2</sub>) мають суттєві переваги у порівнянні з першим створеним для цих цілей акумулятором на основі сплаву типу AB<sub>5</sub> [16], що і робить їх найбільш застосовуваними.

Незважаючи на всі переваги сплавів на основі фази Лавеса основною проблемою, що створює певні обмеження їх використання, є відносно низька кількість поглинутого водню (до 2 мас.%). На противагу цьому, магній має високу кількість поглинутого водню (7,67 мас.%), але надскладний процес гідрування. Поєднання переваг кожного з цих матеріалів в композиті (оскільки дані матеріали не мають взаємної розчинності) має великі переваги для практичного використання в якості матеріалів для безпечного зберігання та транспортування водню.

**Мета даного дослідження** - поєднати переваги існуючих матеріалів-акумуляторів водню, а саме, високу водневу ємність для магнію та кінетику гідридоутворення для сплавів на основі фази Лавеса типу C14, для отримання універсального матеріалу.

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сплав Ti<sub>15,5</sub>Zr<sub>30</sub>Mn<sub>5,5</sub>V<sub>5,5</sub>Cr<sub>5,5</sub>Co<sub>5,5</sub> масою до 1 кг, який було взято за основу, отримувався методом індукційної плавки в атмосфері очищеного аргону у відкритих тиглях з Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Як вихідні компоненти використовували титанову губку (ТГ-110), йодидний Zr (99,975), електролітичні Mn (99,9), V (99,5), Cr (99,5) Co (99,5). Для отримання сплаву використовували попередньо розроблену технологічну схему, яка детально описана в роботі [17]. Слід зазначити, що при приготуванні шихти додатково додавали 4 мас. % марганцю порівняно з номінальним складом, оскільки в роботі [18] авторами доведено, що саме така кількість марганцю втрачається за рахунок випаровування.

Фазовий склад і параметри ґратки сплаву визначали методом рентгенофазового аналізу на дифрактометрі ДРОН-3М. Металографічні дослідження проводили на скануючому електронному мікроскопі VEGA3 TESCAN з EDX детектором XFlash610M (Bruker).

Для дослідження властивостей поглинання водню використовувався об'ємний литий сплав. Взаємодію сплаву з воднем досліджували методом Сіверца на установці ІВГМ-2М [9] за кімнатної температури і тиску 0,23 МПа. Процес десорбції водню також досліджували на установці ІВГМ-2М при початковому тиску 0,0002 МПа. Кількість сорбованого-десорбованого

водню визначали по зміні тиску в замкнутому об'ємі і додатково контролювали зважуванням з точністю до  $1,5 \cdot 10^{-5}$  г.

Порошкові суміші різних складів (гідрид + 5; 10; 20 мас.% магнію розмір  $\sim 100$  мкм) змішували в змішувачі типу «п'яна бочка» впродовж 8 годин, який представляє собою циліндричну ємність, вісь обертання якої перетинає вісь циліндра під кутом 45 градусів. Пресування проводили на гідравлічному пресі при тиску 640 МПа та за кімнатної температури, шляхом двостороннього пресування в розбірних прес-формах (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд отриманих композитів

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1. Водневосорбційні властивості сплаву $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$ .

Методами скануючої електронної мікроскопії та рентгенівського фазового аналізу атестовано сплав  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  у литому стані (Рис. 2.). Встановлено, що у фазовому складі досліджуваного сплаву присутні дві фази (Рис. 2. а), фаза Лавеса типу C14 та інтерметалід  $(Ti,Zr)_2(Co,Mn,V,Cr)$  на основі сполуки  $Zr_2Co$ . За допомогою програми ImageJ (поширюється без ліцензійних обмежень як суспільне надбання) визначено, що об'ємна доля фази Лавеса типу C14 (темні кристали) становить 82,6 %, а інтерметаліду на основі сполуки  $Zr_2Co$  17,4 %, відповідно (рис. 2. б).

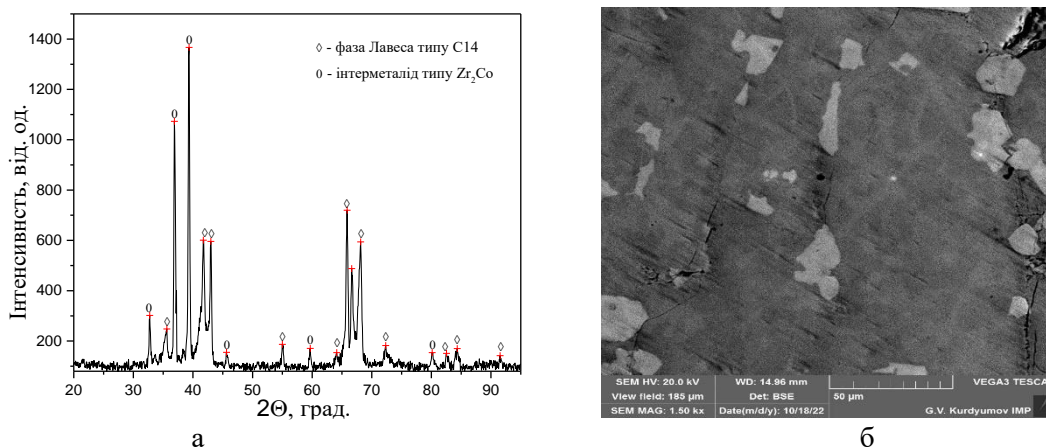
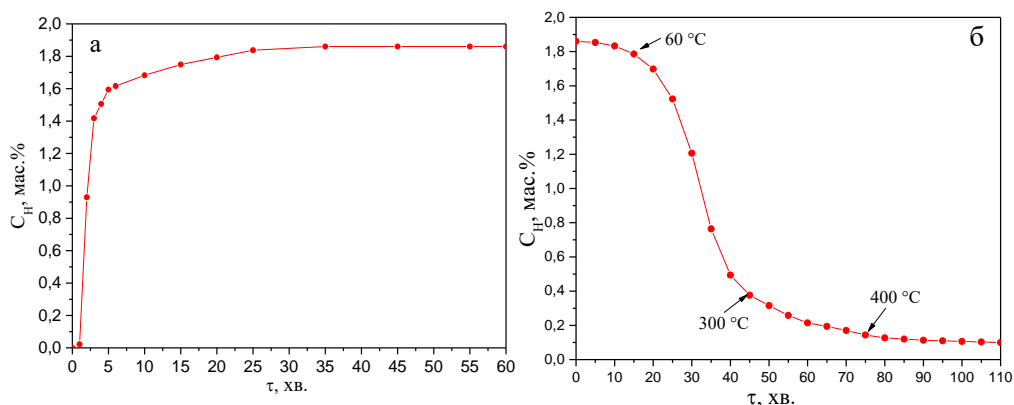


Рис. 2. Для сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  у литому стані:

а – дифрактограма; б – мікроструктура

Для досліджуваного сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  процес активного поглинання водню розпочався з першої секунди контакту з водневим середовищем (відсутній інкубаційний період) (рис. 3. а). Сплав  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  за перші 6 хвилин, від контакту з воденьмістким середовищем, поглинає основну частину сорбованого водню 1,61 мас.% (H/Me  $\sim 1,05$ ). Збільшення часу витримки до 35 хвилин, при тих же параметрах гідрування, дозволяє

збільшити кількість поглинутого водню до 1,86 мас.% ( $H/Me \sim 1,22$ ). Подальша витримка впродовж 48 годин, до відновлення процесу поглинання водню не приводить. Через високу швидкість протікання процесу поглинання водню і кімнатну температуру гідрування відбувається руйнування монолітного зразка до стану порошку з середнім розміром 30 мкм (водневе диспергування) [19]. Виділення водню з продуктів гідрування, отриманих при насиченні досліджуваного сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  воднем, проводилося при початковому тиску 0,0002 МПа. Так, при швидкості нагрівання  $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$  активний процес виділення розпочинається з початком нагріву (Рис. 3. б), а сам процес відбувається у чотири етапи. Перший етап, від початку нагріву до температури  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  процес виділення відбувається відносно повільно зі швидкістю  $0,0045\text{ мас.}\%/\text{хв}$ , при цьому виділяється лише 3 % поглинутого водню. Починаючи з температури  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  швидкість виділення водню зростає на порядок  $\sim 0,047\text{ мас.}\%/\text{хв}$  і до температури  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  вдається виділити 80 % від загальної кількості поглинутого водню. Вище  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  швидкість виділення знижується майже на порядок до  $0,0077\text{ мас.}\%/\text{хв}$  і до температури  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  вдається збільшити кількість виділеного водню до 92 %. При нагріванні до температури  $\approx 430\text{ }^{\circ}\text{C}$  вдалося виділити біля 95 % від загальної кількості поглинутої водню.

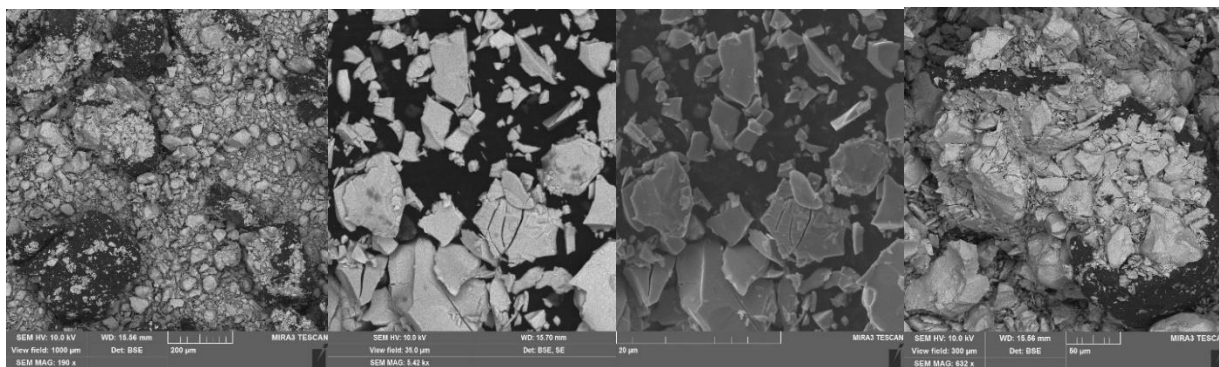


**Рис. 3. Залежність зміни водневої ємності від часу для сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  при:**  
а – гідруванні; б – дегідруванні

Проведення першого циклу сорбція-десорбція для сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$ , дозволили встановити кінетичні параметри цих процесів, визначити водневу ємність та отримати порошок з середнім розміром 30 мкм.

### 3.2. Дослідження синтезованих композитів.

Методом скануючої електронної мікроскопії встановлено (рис. 4.), що при пресуванні відбулося вклинювання частинок гідриду, оскільки вони мають рвану «осколкову» поверхню, у більш пластичний магній (порошинки темного кольору).



**Рис. 4. Мікроструктура спресованих композитів.**

Даний ефект, було досягнуто завдяки тому що частинки гідриду мали середній розмір в тричі менший ніж порошинки магнію. Це дозволило отримати високу контактну поверхню між

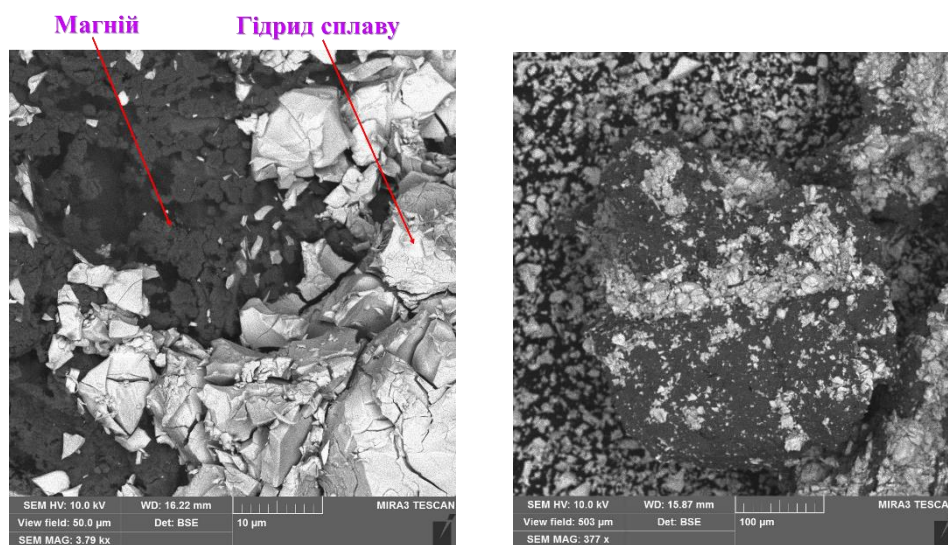
порошинками магнію та гідриду, що у свою чергу, повинно полегшити процес насичення магнію воднем [2]. Окрім цього, видно, що при пресуванні може досягатися і практично 100% покриття порошку магнію частинками гідриду (рис. 4.). Крім того, при довготривалому перемішуванні, відбувається тертя частинок між собою, і як результат часткове налипання пластичного магнію на порошок гідриду.

Процес взаємодії з воднем спресованих композитів, проводився за наступною методикою: нагрів спресованого композиту, при початковому тиску 0,0002 МПа, до температури  $400 \pm 10$  °С, при цьому відбувається виділення водню з гідриду на основі сплаву, як це було показано вище (даний нагрів дозволяє отримати атомарний водень на межі контакту магній-гідрид); витримка при вказаній температурі та створеному тиску водню 0,1 МПа впродовж  $20 \pm 5$  хвилин; зниження утвореного тиску до початкового значення з послідовним охолодженням до кімнатної температури; створення в реакторі тиску на рівні 0,23 МПа, для повторного насичення воднем сплаву. Для кожного спресованого композиту проводилось по три цикли сорбція-десорбція, це дозволило зберегти цілісність пресовки (рис. 5).



**Рис. 5. Зовнішній вигляд композиту після трьох циклів сорбція-десорбція водню**

Методом скануючої електронної мікроскопії визначено, що при циклах сорбція-десорбція не відбулося викришування впресованого в магній порошок гідриду (рис. 6.). Це свідчить про те, що виникаючі об'ємні ефекти, пов'язані з поглинанням-виділенням водню в сплав, компенсуються магнієвою матрицею. Крім того, видно, що на поверхні частинки магнію після циклів сорбція-десорбція з'явився певний рельєф. Утворення зазначених змін на поверхні частинок магнію може бути ознакою зміни фазового складу спресованого композиту.



**Рис. 6. Мікроструктура спресованих композитів після трьох циклів сорбція-десорбція водню**

За допомогою рентгенівського фазового аналізу було досліджено фазовий склад спресованого композиту після циклів сорбція-десорбція. Встановлено, що після трьох циклів



сорбція-десорбція у фазовому складі спресованого композиту, окрім гідриду на основі сплаву та чистого магнію (вихідні фази), утворився і гідрид магнію.

#### 4. ВИСНОВОК

Використання простих операцій змішування та пресування, дозволяє отримати велику контактну поверхню між порошинками магнію та гідриду на основі сплаву  $Ti_{15,5}Zr_{30}Mn_{38}V_{5,5}Cr_{5,5}Co_{5,5}$  і як результат, часткове насичення воднем магнію при параметрах десорбції водню із гідриду на основі сплаву.

**Дана робота виконана завдяки іменній стипендії Верховної Ради України для молодих учених – докторів наук за 2023 рік.**

#### Список використаних джерел:

1. Bellosta von Colbe J. J.-R. Ares, J. Barale, M. Baricco, C. Buckley, G. Capurso, et al., *Int. J. Hydrog. Energy*, **44**, 7780-7808 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.104>
2. V.A. Dekhtyarenko, D.G. Savvakina, V.I. Bondarchuk, V.M. Shyvanuk, T.V. Pryadko and O.O. Stasiuk, *Prog Phys Met*, **22**, 307-351 (2021). <https://doi.org/10.15407/ufm.22.03.307>
3. V.A. Yartysa, M.V. Lototsky, E. Akiba, R. Albert, V.E. Antonov, *Int. J. Hydrog. Energy*, **44**, 7809-7859 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.12.212>
4. N. Gerard, S. Ono, Hydride formation and decomposition kinetics L. Schlapbach (Ed.), *Hydrogen in intermetallic compounds*, 2, Springer-Verlag 165-195 (1992). [https://doi.org/10.1007/3-540-54668-5\\_11](https://doi.org/10.1007/3-540-54668-5_11)
5. A. Zaluska, L. Zaluski, J.O. Strom-Olsen, *J. Alloys Compds*, **288**, 217-225 (1999). [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(99\)00073-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(99)00073-0)
6. Z. Dehouche, H.A. Peretti, S. Hamoudi, Y. Yoo, K. Belkacemi, *J. Alloys Compds.*, **455**, 432-439 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2007.01.138>
7. S. Satyapal, J. Petrovic, C. Read, G. Thomas, G. Ordaz, *Catal Today.*, **120**, 246-256 (2007). <http://dx.doi.org/10.1016/j.cattod.2006.09.022>
8. A. Godula-Jopek. Hydrogen storage options including constraints and challenges. In: Godula-Jopek A, editor. *Hydrogen production by electrolysis*. 1st ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 273-309 (2015). <https://doi.org/10.1002/9783527676507>
9. V.G. Ivanchenko, V.A. Dekhtyarenko, and T.V. Pryadko, *Powder Metall Met Ceram* **52**, 340-344 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11106-013-9531-9>
10. B.P. Tarasov, M.S. Bocharnikov, Y.B. Yanenko, P.V. Fursikov, M.V. Lototsky, *Int. J. Hydrog. Energy*, **43**, 4415-4427 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.01.086>
11. L.E.R. Vega, D.R. Leiva, R.M. Leal Neto, W.B. Silva, et al., *Int. J. Hydrog. Energy*, **43**, 2913-2918 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.12.054>
12. L. Pickering, M.V. Lototsky, M.W. Davids, C. Sita, V. Linkov, *Mater Today: Proc.*, **5**, 10470-10478 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.378>
13. E.I. Gkanas, M. Khzouz, G. Panagakos, T. Statheros, G. Mihalakakou, G.I. Siasos, et al., *Energy*, **142**, 518-530 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.040>
14. E.I. Gkanasa, M. Khzouz, G. Panagakos, T. Statheros, G. Mihalakakou, G.I. Siasos, et al., *Energy*, **142**, 518-530 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.040>
15. M. Lototsky, I. Tolj, Y. Klochko, M.W. Davids, D. Swanepoel, V. Linkov, *Int. J. Hydrogen Energy*, **45**, 7958-7967 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.124>
16. A. Narvaez, Low cost, metal hydride based hydrogen storage system for forklift applications (phase II). US DOE Ann Merit Rev Meeting; June 18, 2014. Project ST 095; [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review14/st095\\_narvaez\\_2014\\_p.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review14/st095_narvaez_2014_p.pdf)
17. V.A. Dekhtyarenko, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, **43**, No. 8, 1053-1063 (2021). <https://doi.org/10.15407/mfint.43.08.1053>
18. E.A. Anikina and V.N. Verbetsky, *Int. J. Hydrogen Energy*, **36**, 1344-1348 (2011). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.06.085>
19. V.A. Dekhtyarenko, T.V. Pryadko, D.G. Savvakina, V.I. Bondarchuk, and G.S. Mogilynyy, *Int. J. Hydrogen Energy*, **46**: 8040 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.11.283>



## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОЇ» ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Лопушанська М.Р.<sup>1,2</sup>, аспірантка, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua;*

*Іванов Є.А.<sup>1</sup>, д. геогр. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua;*

*Вишва А.М.<sup>2</sup>, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,*

*1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,*

*2 – ТОВ «НОРДІК-БУД», м. Львів, Україна*

Після повномасштабного вторгнення росії в Україну, Європейська комісія представила План REPowerEU, який спрямований на забезпечення незалежності Європи від російського викопного палива до 2030 р. Вже у короткостроковій перспективі розглянуто використання відновлюваного водню. Україна та Європейський Союз підписали Меморандум про стратегічне партнерства у сфері використання водню. Вигідне політико- та економіко-географічне положення Львівської області визначає цей регіон як один із стратегічних партнерів на ринку виробництва «зеленого» водню для експорту в Європейський Союз. Воднева стратегія України є документом, який регламентує розвиток водневої енергетики в Львівській області. Екологічні аспекти розвитку водневої енергетики фактично не оцінено, тому вивчено досвід Словаччини, яка окреслила потенційні впливи на складові довкілля: водні ресурси, клімат та атмосферне повітря. Розглянуто потенціал та екологічні обмеження розвитку «зеленої» водневої енергетики у регіоні. Львівська область повинна стати енергетичним хабом, оскільки тут сприятливі природні умови для розвитку відновлюваної енергетики. Попит на ринку зеленого водню в Європейський Союз послужить рушійною силою на шляху до розвитку водневої енергетики на Львівщині та модернізації газотранспортної системи.

## ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF «GREEN» HYDROGEN ENERGY IN LVIV REGION

*Lopushanska M.<sup>1,2</sup>, Postgraduate Student, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua;*

*Ivanov Ye.<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,*

*Vyzhva A.<sup>2</sup>, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,*

*1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,*

*2 – LLC «NORDIK-BUD», Lviv, Ukraine*

In the wake of Russia's comprehensive invasion of Ukraine, the European Commission launched the REPowerEU Plan. This ambitious strategy aims to secure Europe's independence from Russian fossil fuels by the year 2030. Recognizing the burgeoning potential of sustainable energy solutions, there is a keen interest in harnessing renewable hydrogen in the immediate future. Ukraine and the European Union have forged a Memorandum of Understanding, cementing their strategic partnership in hydrogen utilization. The Lviv region stands out, not merely by chance, but due to its strategic political and geo-economic positioning. This unique confluence designates it as a pivotal partner in producing green hydrogen for the European market. The Hydrogen Strategy of Ukraine isn't just another policy document; it provides a structured blueprint for the evolution of hydrogen energy, specifically within the confines of the Lviv region. It became evident that the environmental dimensions of hydrogen energy hadn't been thoroughly examined. Slovakia's meticulous research delineated the prospective environmental impacts spanning three critical areas: water resources, the climate, and the quality of atmospheric air. An in-depth exploration was undertaken to gauge the potential and discern the environmental constraints of instituting green hydrogen energy in the region. The verdict is clear: The Lviv region isn't just poised to adapt; it's primed to lead. With its abundant natural advantages, the region is destined to emerge as a central energy hub in the sphere of renewable energy. The pulsating demand for green hydrogen in the European Union's market isn't a mere trend; it's a clarion call. It's set to catalyze the ascent of hydrogen energy in Lviv and expedite the modernization of its gas transportation infrastructure.

**Актуальність поставленої проблеми.** Після повномасштабного вторгнення росії в Україну, Європейська комісія 18 травня 2022 р. представила План REPowerEU, який спрямований на забезпечення незалежності Європи від російського викопного палива до 2030 р. [6]. Однією із стратегічних цілей плану є диверсифікації європейського енергетичного постачання. Вже у короткостроковій перспективі розглянуто використання відновлюваного водню, зокрема через Енергетичну платформу ЄС для усіх держав-членів, які бажають взяти участь, а також України, Молдови, Грузії і Західних Балкан. 2 лютого 2023 р. Україна і ЄС підписали Меморандум про стратегічне партнерства у сфері використання водню, біометану та інших синтетичних газів. У свою чергу, вигідне політико- та економіко-географічне положення Львівської області визначає

цей регіон як один із стратегічних партнерів на ринку виробництва «зеленого» водню для експорту в Європейський Союз.

**Матеріали і методика дослідження.** У роботі використано дані Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії у Словаччині до 2026 р. [6] та власні напрацювання [3, 5]. Здійснено аналіз та узагальнення зібраних даних. Розглянуто впливи від виробництва «зеленого» водню на прикладі Словаччини. Розраховано потенційні показники виробництва «зеленого» водню у Львівській області на основі даних забору води та розраховано можливе скорочення викидів парникових газів від реалізації даних проєктів у Львівській області.

Об'єктами дослідження є Львівська область на регіональному рівні та потенційні об'єкти «зеленої» відновлюваної енергетики на локальному рівні, а предметом – екологічні аспекти розвитку «зеленої» водневої енергетики.

**Результати дослідження.** Воднева стратегія України є важливим документом, який регламентуватиме розвиток водневої енергетики у цілому в Україні та зокрема у Львівській області. У проєкті Водневої стратегії України зазначено, що для ефективнішого розвитку водневої енергетики необхідне поетапне виконання заходів у декілька етапів [2]:

*Перший етап (2022–2025 рр.)* із короткостроковими цілями, що передбачають запуск експортного ринку зеленого водню та закладання фундаменту подальшого розвитку, зокрема розроблення законодавчої і нормативно-правової бази розвитку водневої енергетики, а також підготовку газотранспортної мережі України до можливого експорту водню;

*Другий етап (2026–2030 рр.)* із середньостроковими цілями, зокрема диверсифікацією первинних енергоносіїв за рахунок зростання обсягів виробництва водню, використанням водню у промисловості, житлово-комунальному секторі і транспорті, а також можливістю виробництва водню для експорту (орієнтовно 10 ГВт);

*Третій етап (2031–2050 рр.)* із довгостроковими цілями, що спрямовані на швидке розширення ринку, у тім числі й експорту. Його головною метою є модернізація існуючих магістральних і розподільчих газопроводів для транспортування газо-водневої суміші із концентрацією водню близько 20 %, а також використання мереж для транспортування чистого водню для внутрішнього споживання й експорту. Головною ціллю є використання до 50 % водню від наявного потенціалу України до 2050 р.

Вже сьогодні «зелений» водень розглядають як головний елемент декарбонізації енергетики в Україні. Для розвитку «зеленої» водневої енергетики важливим чинником є наявність електроенергії, яку виробляють об'єкти відновлюваної енергетики і забезпеченість водними ресурсами, оскільки для виробництва такого водню використовують технологію електролізу. Електроліз є хімічною реакцією під час якої електричний струм проходить через речовину, що призводить до її розкладання на основні компоненти. Виробництво водню відбувається на електролізері – спеціальному пристрої, який використовує електрику для розщеплення води або інших компонентів на їх складові елементи шляхом електролізу [10].

Наразі, екологічні аспекти розвитку водневої енергетики в Україні фактично не оцінено, тому розглянемо досвід сусідньої Словаччини. 12 червня 2023 р. Уряд Словаччини затвердив із зауваженнями першу частину Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії до 2026 р. [9]. Екологічні аспекти реалізації Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії до 2026 р. подано разом із усіма документами на розгляд уряду [8]. Словаччина оцінила потенційні впливи на окремі складові навколишнього природного середовища під час реалізації водневих проєктів. Спробуємо на основі такої оцінки розглянути аспекти розвитку «зеленої» водневої енергетики у Львівській області.

**Водні ресурси.** В Екологічних аспектах реалізації Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії Словаччини до 2026 р. викладено оцінку впливу виробництва водню на водні об'єкти [8]. При розкладанні 9 кг (або 9 дм<sup>3</sup>, враховуючи, що маса води становить біля 1 кг/дм<sup>3</sup>) води можна отримати 1 кг водню. Отже, для виробництва 1 т водню потрібно 9 м<sup>3</sup> води. Ця оцінка є спрощеною, і в реальних умовах споживання води є вищим, оскільки присутні інші чинники, наприклад втрати води та ймовірність того, що не всю воду вдасться розкласти. На практиці доцільне використання не лише питної води, а річкової чи з очисних споруд, яку

очищають методом зворотного осмосу до якості, придатної для електролізу водню. Цей процес видаляє з води домішки й солі та забезпечує її чистоту.

Оцінюючи споживання води для виробництва водню, важливо враховувати реальні умови, які можуть вплинути на загальне споживання. Виходячи з практичного досвіду, для виробництва 1 кг водню необхідно від 12 до 18  $\text{дм}^3$  води. Водночас варто зазначити, що воду, яка використовується в електролізі, можна очистити і застосувати повторно, що зменшує загальне споживання води. Тим не менш, важливо дбати про ефективне використання водних ресурсів, особливо у районах з дефіцитом води. Отже, хоча виробництво водню шляхом електролізу потребує певної кількості води, існують методи для підвищення ефективності і мінімізації споживання води. Використання води з річок та очисних споруд також сприятиме зменшенню навантаження на ресурси питної води.

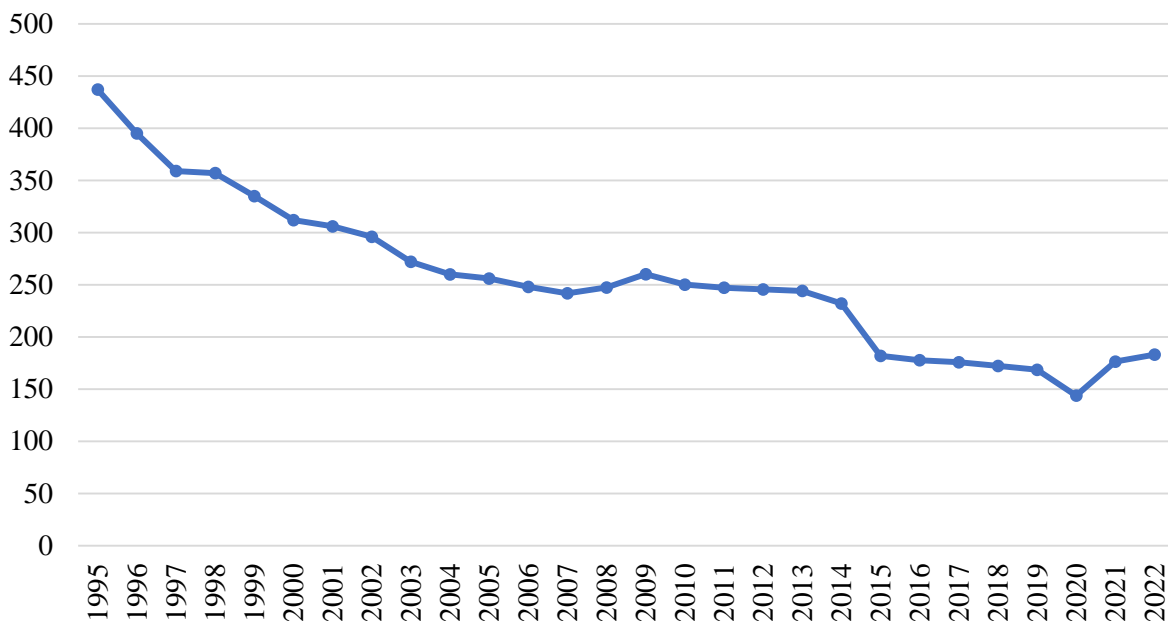
Варто також відзначити, що існують розбіжності між даними необхідної кількості використаної води для виробництва 1  $\text{нм}^3$  водню. За основу розрахунку у проєкті Водневої стратегії України взято дані, що для виробництва 1  $\text{нм}^3$  водню використовується 1,5–2,0  $\text{дм}^3$  води або 1,5–2,0 тис.  $\text{м}^3$  води для виробництва 1 млн  $\text{нм}^3$  водню [7].

У Львівській області нараховують 2 522 річки сумарною протяжністю 11 574,55 км, з яких понад половину (52 %) належить до басейну Дністра, 28 % – до басейну Західного Бугу, 12 % – басейну Сяну і 8 % до басейну Стира. Водночас, на території області налічуються близько 30 озер, які головно використовують для риболовлі 20 водосховищ у басейнах Дністра (11), Західного Бугу (5) і Сяну (4) загальною площею водного дзеркала 3 288 га та понад 3 000 ставків, 54 % з них знаходяться у басейні Дністра [5].

Природна водозабезпеченість Львівщини на одного мешканця становить 2,2 тис.  $\text{м}^3$ /рік, що у 2,2 рази вище, ніж загалом по Україні, а на 1  $\text{км}^2$  території – 262 тис.  $\text{м}^3$ /рік (місцевий стік), що у 3,0 рази вище загальноукраїнського показника. Проте, чимало територій у регіоні продовжують відчувати постійну недостачу води, зокрема у Львівському, Яворівському, Червоноградському і Дрогобицькому районах, де на одного мешканця припадає до 2 тис.  $\text{м}^3$ /рік місцевого поверхневого стоку [1].

Головним джерелом водопостачання у Львівській області є підземні води. Поверхневі води використовують для риборозведення, технічного водопостачання підприємств, а в гірських районах – для господарсько-питного водопостачання. За останні 27 років практично вдвічі скоротився забір води у регіоні [4]. Це зумовлено значним скороченням промислового споживання через закриття об'єктів промисловості. Порівнюючи водозабір води у 1995 р. (437,0 млн  $\text{м}^3$ ) із 2022 р. (183,1 млн  $\text{м}^3$ ), спостерігаємо скорочення забору на 253,9 млн  $\text{м}^3$ . Загалом із підземних горизонтів у 2022 р. забрано 150,7 млн  $\text{м}^3$  води, з поверхневих – 32,4 млн  $\text{м}^3$ . В цілому, споживання свіжої води скоротилось із 384,6 млн  $\text{м}^3$  у 1995 р. до 132,3 млн  $\text{м}^3$  у 2022 р. (на 252,2 млн  $\text{м}^3$ ). Динаміку забору води з природних водних об'єктів подано на рис. 1.

Якщо розглядати показник загального скорочення забору води у 253,9 млн  $\text{м}^3$  як можливий забір води для потреб «зеленої» водневої енергетики, то потенціал виробництва водню у Львівській області становить за підходами: а) проєкту Водневої стратегії України – 126,92 млн  $\text{м}^3$ ; б) Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії Словаччини до 2026 року: при найкращих параметрах – 28 211,1 тис. т/рік, при найгірших – 14 105,5 тис. т/рік. У проєкті Водневої стратегії України зазначається, що потенціал середньорічного виробництва «зеленого» водню для Львівської області становить близько 5 637 млн  $\text{нм}^3$  (502 тис. т), що становить біля 1 % від середньорічного виробництва водню в Україні [2].



**Рис. 1. Динаміка забору води з природних водних об'єктів у Львівській області (1995–2022 рр.), у млн м³ [4]**

*Клімат.* Виробництво відновлюваного та низьковуглецевого водню є основою для створення стійкіших енергетичних систем. Виробництво водню можливе з відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія, а також з атомної енергії за допомогою електролізу. Процес не виробляє парникових газів, що робить його майже безвуглецевим. Окрім того, водень також можна виробляти низьковуглецевим способом з пластику, що не підлягає вторинному переробленню та біовідходів з низьким вмістом вуглецю.

Водень можна застосовувати у широкому спектрі діяльностей, включаючи транспорт, виробництві електроенергії, опаленні будинків і промислових процесах. Його використання замінює викопні види палива, які при спалюванні утворюють велику кількість викидів CO<sub>2</sub>.

План заходів зосереджений не лише на короткострокових цілях, але й є ключовим кроком у довгострокових зусиллях зі скорочення викидів парникових газів. За оцінками Словацької національної водневої асоціації (NVAS), водень зможе сприяти скороченню парникових газів на 5–8 млн т/рік до 2050 р. Це становитиме значну частку загальних викидів CO<sub>2</sub> (10–30 %) у таких секторах як енергетика, транспорт і промисловість, що суттєво допоможе Словаччині досягти власних довгострокових цілей щодо зміни клімату.

У проєкті Водневої стратегії України зазначено, що питоме споживання електроенергії для виробництва «зеленого» водню становить 4,5 кВт год/нм<sup>3</sup> водню або 50,56 кВт год/кг водню [2].

На основі даних потенційного виробництва «зеленого» водню, а також виходячи із розрахункових даних забору води можливо оцінити потреби в електроенергії. Зокрема, за підходом, запропонованим у проєкті Водневої стратегії України потреби в електроенергії становитимуть 571,1 млн кВт год. У свою чергу, за підходом Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії Словаччини до 2026 р. потенціал виробництва «зеленого» водню становитиме 713 млрд кВт год.

Згідно методик запропонованих Північною екологічною фінансовою корпорацією (NEFCO) скорочення викидів вуглекислого газу при генерації електроенергії від вітрових електростанцій становить 0,744 т/МВт\*год, від сонячних електростанцій – 0,8 т/МВт\*год. Згідно розрахункових даних очікуване скорочення викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) під час експлуатації «зелених» водневих станцій при використанні електроенергії від вітрових електростанцій для виробництва водню становитиме 424,9 тис. т/рік, а при використанні електроенергії від сонячних електростанцій – 459,9 тис. т/рік.

*Атмосферне повітря.* Транспорт є одним з основних джерел викидів забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту (NO<sub>x</sub>) і дрібнодисперсні тверді частинки. Використання водню як транспортного палива здатне значно зменшити ці викиди. При спалюванні в паливних елементах водень перетворюється на воду без шкідливих викидів. Це покращить якість повітря, особливо в міських районах, де транспорт є головним джерелом цих викидів.

Таким чином, реалізація Плану заходів матиме не лише довгострокові вигоди у вигляді скорочення викидів парникових газів та боротьби зі зміною клімату, але й короткострокові вигоди у вигляді покращення якості повітря та здоров'я населення. Очікується, що впровадження транспортних засобів на паливних елементах зменшить прямі викиди у транспортному секторі на 0,9–1,0 % у 2030 р.

Проте, експлуатація електролізерів великої потужності, що виробляють понад сотні тонн водню на добу може створити умови для збільшення локальних викидів кисню. Кисень, хоча і є важливою частиною нашої атмосфери та необхідним для життя, у підвищених концентраціях може становити небезпеку. Наприклад, підвищений рівень кисню може збільшити займистість матеріалів і вплинути на екосистеми у безпосередній близькості від великомасштабних електролізерів. Однак, в контексті реалізації Плану заходів, у Словаччині не очікується встановлення таких великомасштабних електролізних установок. Натомість передбачається будівництво низки електролізерів малої потужності, які будуть розміщені по всій країні. Такий підхід має декілька переваг. Розгортання менших електролізних заводів означає, що вплив на місцеві екосистеми та якість атмосферного повітря буде мінімізовано. Це також сприятиме кращому контролю і регулюванню процесу електролізу, а також підвищить безпеку експлуатації.

Важливим аспектом досягнення цілей у Львівській області є будівництво водневих заправних станцій, що зумовить власників транспортних засобів переходити на водневе паливо.

Також, у екологічних аспектах реалізації Плану заходів щодо успішної реалізації Національної водневої стратегії Словаччини до 2026 р. запропоновані заходи щодо мінімізації впливу, зокрема [8]:

1) *ефективне використання водних ресурсів*: при виробництві водню шляхом електролізу акцент на ефективному використанні водних ресурсів. Використання технології зворотної гідроенергетики. Використання технології осмосу для очищення води з річок або очисних споруд до відповідної якості для виробництва водню;

2) *виробництво водню з відходів, що не підлягають переробці*: частина водню буде вироблятися шляхом термохімічного розкладання пластику і біовідходів, що не підлягають вторинній переробці, що сприяє вирішенню проблеми відходів;

3) *використання відновлюваних джерел енергії*: використання відновлюваних джерел енергії дає змогу зменшити викиди парникових газів;

4) *впровадження технологій зберігання та розподілу водню*: розроблені технології зберігання і розподілу водню, а також впроваджено технології безпечного зберігання і розподілу водню з метою мінімізації впливу на довкілля;

5) *дослідження та інновації*: продовжуватимуться інвестиції в дослідження та розробки у галузі водневих технологій з метою підвищення їх ефективності мінімізації впливу на довкілля;

6) *імпорт водню*: там, де це можливо і економічно доцільно, імпорт великих кількостей водню з-за кордону, щоб зменшити тиск на внутрішні водні ресурси.

Разом ці заходи мінімізують негативний вплив виробництва та використання водню на довкілля в Словаччині.

Загалом, будівництво нових відновлюваних джерел енергії для виробництва водню в електролізерах та інших видів виробництва водню підлягатиме ретельній оцінці відповідно до Закону «Про оцінку впливу на довкілля». Оцінка впливу на довкілля (ОВД) є ключовим інструментом для забезпечення того, щоб всі потенційні впливи на довкілля, пов'язані з такими проєктами, були належно визначені, оцінені і враховані у процесі планування та прийняття рішень щодо цих проєктів. Передбачено, що критерієм потреби у проходженні процедури ОВД буде рівень у 20 МВт встановленої потужності, або добова потужність виробництва водню понад



5 т. Це значення враховує необхідність збалансування впливу на довкілля з потребою у розробці нових технологій та інфраструктури для підтримки водневої економіки. Ці ліміти перебувають у процесі затвердження на європейському законодавчому рівні і ще не є остаточними.

**Висновки.** На жаль, через відсутність законодавчо-правової і нормативно-технічної бази та методологічного забезпечення стримується розвиток водневих технологій в Україні і Львівській області зокрема. Львівська область у контексті розвитку «зеленої» водневої енергетики повинна стати енергетичним хабом, оскільки у регіоні сприятливі природні умови для розвитку відновлюваної енергетики. Попит на ринку зеленого водню у Європі послужить рушійною силою на шляху до розвитку водневої енергетики у Львівській області та модернізації газотранспортної системи.

#### **Список використаних джерел:**

1. Андрейчук Ю., Крута Н., Пилипович О. Річкова мережа. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: В-во Старого Лева, 2018. 592 с.
2. Воднева стратегія України: проєкт / Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2021. 91 с. URL: <https://hydrogen.ua/images/about/Vodneva-Strategia-Cover.pdf>
3. Геоекологія Львівської області: монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів: Простір-М, 2021. 606 с.
4. Головне управління статистики у Львівській області. URL: [http://database.ukrcensus.gov.ua/statbank\\_lviv/Dialog/Saveshow\\_n.asp](http://database.ukrcensus.gov.ua/statbank_lviv/Dialog/Saveshow_n.asp)
5. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Гідрологічні чинники та їхня роль у розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області. Екологічні науки : наук.-практ. журн. 2023. № 4 (49). С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.14>
6. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Роль плану REPowerEU у розвитку водневої енергетики у Львівській області. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матер. XXIV-ої міжнарод. наук.-практ. конф. (м. Київ, 18–19 травня 2023 р.). К., 2023. С. 297–298.
7. Петренко К., Іванченко І., Кармазін О. Аналіз водних ресурсів України в контексті можливості їх використання для виробництва «зеленого» водню. Відновлювана енергетика. 2021. № 2 (65). С. 19–28. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.2\(65\). 19-28](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.2(65). 19-28)
8. Akčný plán opatrení úspešnej realizácie Národnej vodíkovej stratégie do roku 2026. URL: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/28497/1>
9. Akčný plán je schválený! Slovensko tak má plán ďalšieho rozvoja vodíka a vodíkových technológií / Národná vodíková asociácia Slovenska (NVAS). URL: <https://nvas.sk/akcny-plan-je-schvaleny-slovensko-tak-ma-plan-dalsieho-rozvoja-vodika-a-vodikovych-technologii/>
10. What is an Electrolyzer and What is it Used for? / Accelera by Cummins. URL: <https://www.accelerazero.com/news/what-is-an-electrolyzer-and-what-is-it-used-for>

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПОШУКОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДНЕВИХ СКУПЧЕНЬ ТА ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ (нафтогазоносні регіони, шахтні поля, морські регіони, імпактні структури)**

*Багрій І.Д., д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net;*

*Васильєва І.В., м.н.с. vasilieva1982@ukr.net;*

*Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*

Проблема водневої енергетики є найактуальнішою в паливно-енергетичній галузі і геології зокрема. Сумарні запаси водневих ресурсів досить великі, до того ж щороку стають відомими нові поклади викопного палива. Перспективним напрямом у розвитку енергетики є використання водню як палива. Водень – висококалорійний газ, який може знайти застосування в багатьох сферах промисловості. Великою перевагою водню є те, що при його спалюванні утворюється лише пара води. Отже, водень – також є екологічно чистим ідеальним паливом.

Перехід до водневої енергетики є перспективним ще й тому, що водень є універсальною енергетичною сировиною. Потреба в такому паливі дуже актуальна, якщо врахувати, що основним джерелом забруднення повітря у містах є продукти неповного згоряння вуглеводневого природного палива.

Сучасні технології відкривають доступ до використання нетрадиційних джерел енергетики, це свідчить на користь того, що абсолютного дефіциту енергетичних ресурсів на планеті поки що не існує.

До важливих стратегічних напрямків геологічної науки відносяться прогнозно-пошукові системні технології комплексних досліджень, де складовою частиною комплексу методичних рішень вперше використовувався водень.

Важливим завданням науки є прогнозування, пошуки та розробки економічно вигідних способів добування і використання водню.

## **THE SUBSTANTIATION OF THE SEARCH TECHNOLOGY FOR HYDROGEN CLUSTERS AND GEODYNAMIC PHENOMENA (oil and gas regions, minefields, marine regions, impact structures)**

*Bahrii I., Dr. Sci. (Geol.), Professor, bagrid@ukr.net;*

*Vasyliieva I., Junior Researcher, vasilieva1982@ukr.net;*

*Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine*

The problem of hydrogen energy is relevant in the fuel energy industry and geology in particular. The total reserves of hydrogen resources are very large, and every year new deposits of fossil fuels become known. A promising direction in the development of energy is the use of hydrogen as a fuel. Hydrogen is a high-calorie gas that can be in many areas of industry. A great advantage of hydrogen is the formation of water vapor when it burns. Therefore, hydrogen is also an environmentally friendly ideal fuel.

The transition to hydrogen energy is promising because hydrogen is a universal energy raw material. The need for such fuel is very urgent because the main source of air pollution in cities are products of incomplete combustion of carbon-containing natural fuels.

Modern technologies open access to the use of non-traditional sources of energy. Therefore, there is no absolute shortage of energy resources on the planet yet. Important strategic directions of geological science are predictive search system technologies of complex research. For the first time, hydrogen was as a component of the complex of methodical solutions.

An important task of science is forecasting, searching and developing economically profitable methods of obtaining and using hydrogen.

Розглянуто найактуальнішу проблему паливно-енергетичної галузі і геології – проблему водневої енергетики. Продемонстровано різновекторність підходу авторів до теоретичних і прикладних питань про кругообіг речовини в природі, де водень виступає енергетичною і генетичною складовою літосферних процесів. Наведено результати наукових розробок з картування, виконаних у рамках наукових і практичних пошукових і геоекологічних досліджень на 165 вуглеводневих об'єктах на суходолі (включаючи шахтні поля) і в морських акваторіях. Обґрунтовано прогнозово-пошукові системні критерії, де складовою частиною комплексу методичних рішень вперше в пошуковій практиці використовувався водень.

Проблема водневої енергетики є однією з найважливіших в паливно-енергетичній галузі. Сумарні запаси водневих ресурсів досить великі, до того ж щороку стають відомими нові

поклади викопного палива. Перспективним напрямом у розвитку енергетики є використання водню як палива. Водень – висококалорійний газ, який може знайти застосування в багатьох сферах промисловості. Великою перевагою водню є те, що при його спалюванні утворюється лише пара води. Отже, водень – також є екологічно чистим ідеальним паливом. Сучасні технології відкривають доступ до використання нетрадиційних джерел енергетики, це свідчить на користь того, що абсолютного дефіциту енергетичних ресурсів на планеті поки що не існує. Варто зазначити, що на сьогоднішній день у світовій практиці майже відсутні обґрунтування пошуків промислових скупчень водню і, як наслідок, технології його видобутку.

Проте нещодавно були відкриті геологічні формації, які дегазують водень на поверхню Землі в великих обсягах – десятки тисяч кубометрів на день. Такі геологічні структури характерні для фанерозойських комплексів порід. В Америці вже навіть стартував пілотний проєкт з видобутку природного водню. У Швеції, при бурінні свердловини Гравберг-1 глибиною 6770 м, нижче 4 000 м відзначено істотне підвищення вмісту водню.

Наявність природного водню повністю змінює бачення водневої економіки. До того ж він є безвуглецевим, невикопним і невичерпним, оскільки утворюється в результаті природних процесів глибоко в земній корі. Важливим завданням науки є прогнозування, пошуки та розробка економічно вигідних способів добування і використання водню.

В Україні є водневі дегазаційні структури з великим потенціалом у відкладах протерозою та фанерозою. Проведений комплексний аналіз геологоструктурних, гідрологогідрогеологічних матеріалів, що виконується протягом майже 30 років у рамках наукових фундаментальних і прикладних досліджень на пошукових об'єктах з метою обґрунтування і картування перспективних місць для закладення параметричних і промислових свердловин на питні, термальні води, ВВ (нафта, газ), дегазаційних свердловин у зонах розвитку газодинамічних явищ у шахтних виробках, дозволив встановити просторово-кількісні характеристики вуглеводневих родовищ та їх еманаційно-газових індикаторів:  $R_n$ ,  $T_n$ ,  $H_e$ ,  $CO_2$ ,  $H$ . Виходячи з нової концепції (парадигми походження ВВ), створена нова схема нафтогазогідрогеологічного районування України на традиційних і нетрадиційних пошукових нафтогазоносних об'єктах, що включають астроблеми, морські акваторії і вуглепородні масиви.

В основу концепції покладено нафтогазоносні геолого-структурні, гідрогеобіологічні критерії формування первинних вуглеводневих сполук і компонентів з урахуванням геодинамічних особливостей та структурно-тектонічних принципів. І як показала практика, такий підхід вже на попередньому етапі досліджень дозволяє аргументовано визначити не тільки ступінь концентрації перспективних площ нафтогазоносних областей, відбракувати практично непродуктивні ділянки, але і виявити аномальні площі концентрацій одного з головних енергетичних компонентів – водню, як відновлюваного енергетичного джерела кругообігу речовини в природі, і як детонатора геодинамічних явищ у шахтних виробках, що призводять до катастроф і людських жертв.

При визначенні нафтогазоносності на кожній досліджуваній традиційній і нетрадиційній структурі (площі або ділянці) методикою СТАГГД відпрацьовувався повний комплекс технологічних прийомів, що включають структурно-геологічні, аерокосмічні, геотермічні, геохімічні дослідження. Також у пошуковий комплекс були включені дослідження гідролого-гідрогеологічних особливостей утворення вуглеводневих компонентів у зонах розміщення досліджуваних структур на спектр вуглеводневих елементів, основу яких становить водень (рис. 1).



**Рис. 1. Технологічна пошукова схема структурно-атмо-геохімічних досліджень на водень**

На початкових стадіях досліджень для вирішення геоекологічних та пошукових задач на підземні і термальні води еманаційні компоненти Ra, Tn і газові He, H використовувалися нами як показники розломних зон підвищеної проникності [1]. Аналіз результатів газово-еманаційних площових зйомок, що включають H і He, дозволив по-новому підійти до пошуку одного зі складових вуглеводневих газів – головного енергетичного компоненту Всесвіту – водню.

В структурі комплексних досліджень базовими є еманаційні, газогеохімічні, термометричні методи. В цілому розглядається комплекс методів оцінки нафтогазових об'єктів (структур, полігонів, ділянок, площ). Результати наукових розробок з картування, виконаних у рамках наукових і прикладних пошукових і геоекологічних проєктів на понад 165 вуглеводневих об'єктах на суші і в морських акваторіях, опубліковано в монографіях.

Аналіз результатів даних розподілу водневих концентрацій дозволив виділити аномальні поодинокі значення водню та гелію на площах, профілях, продуктивних свердловинах. Крім того, дослідження розподілу водню виконувались при прогнозно-пошукових роботах на шахтах Томашівської площі, Краснолиманській, ім. Засядька та інших. Також були проведені заміри концентрації водню в районі структур північно-західного шельфу та континентального схилу (структура Британська) Західночорноморської западини, на Прикерченському шельфі та континентальному схилі (структури Суботіна, Палласа та інші) Східночорноморської западини, на імпактних структурах.

Накопичений за останні десятиліття як в Україні, так і в зарубіжних країнах, досвід приповерхневих термометричних та атмогеохімічних досліджень у комплексі робіт з оцінки перспективності територій та геологічних структур на виявлення покладів ВВ базується на новітніх розробках апаратурних комплексів, інструментальних дослідженнях необхідної чутливості, сучасних методичних підходах в обробці та інтерпретації даних, у тому числі із застосуванням комп'ютерних ГІС-технологій.

Головною вимогою до таких досліджень є достатня інформативність, експресність отримання та обробки відповідних даних, порівняно невисока вартість робіт. Будь-яка гіпотеза, що підкріплюється досить надійними експериментальними дослідженнями, має право претендувати на звання наукової тільки в тому випадку, якщо можуть бути сформульовані основи її експериментальної перевірки (принцип верифікації). Для обґрунтування достовірності отриманих результатів на нафтогазоносних структурах, на яких зафіксовано значний вміст водню, було проведено контрольні тестові вимірювання на численних об'єктах, на яких виявлено аномальні значення водню та гелію.



Розроблено спеціальні відповідні технічні засоби для якісного експресного прогнозування, які відповідають всім технічним еталонним стандартам. Спеціально розроблені прилади та обладнання забезпечують проведення на високому технологічному рівні експедиційних робіт на суходолі та в морських умовах, лабораторно-аналітичну обробку отриманих даних. Новизна, оригінальність розробок захищена численними патентами, що впроваджені в практику геологічних робіт.

Запропонований комплекс приповерхневих досліджень є оптимальним для визначення термо-атмогеохімічних критеріїв прогнозного районування перспективних ділянок та оцінки їх перспектив на поклади ВВ. Найбільш інформативним є інтегрування геолого-структурних досліджень з газово-еманаційною і термометричною зйомками.

Картографічні моделі розподілу значень температур донних відкладів, суми гомологів метану, інтегрального коефіцієнту є показниками геодинамічної активності та проникності тектонічних порушень і основою карти перспективних на пошуки ВВ ділянок прямо пошуковим критерієм газових чи нафтових родовищ.

Багаторічні результати досліджень з картування нафтогазоносних ділянок на традиційних і нетрадиційних об'єктах (шахтні поля, шельфові зони, астроблеми) дозволили створити доказову базу даних системних критеріїв пошукової технології СТАГГД, де частиною комплексу методичних рішень вперше в пошуковій практиці використовувався водень як головний складовий елемент ВВ. Комплексна системна інтерпретація результатів СТАГГД дозволила вже на попередньому регіональному пошуковому етапі виділити 25 морських і 98 на суші продуктивних нафтогазоносних площ (коефіцієнт успішності – приблизно 90%), а також зафіксувати в рамках досліджуваних площ значні концентрації водню в одиничних продуктивних газових свердловинах (рис. 2, 3).

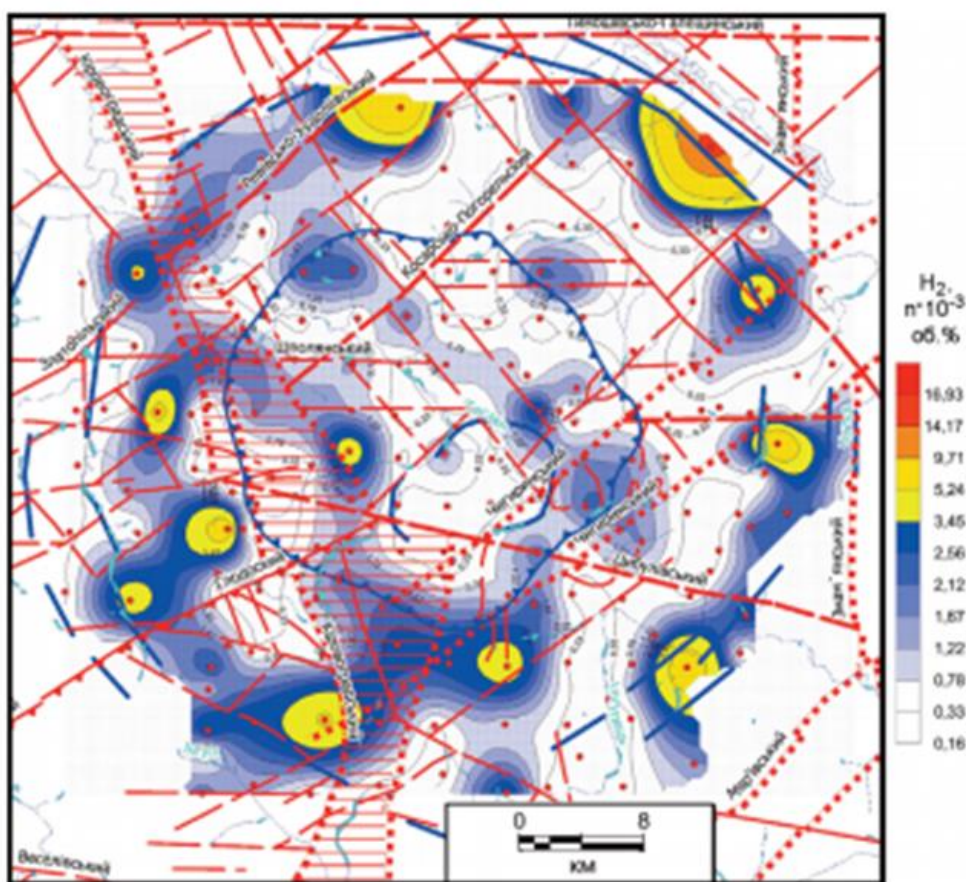
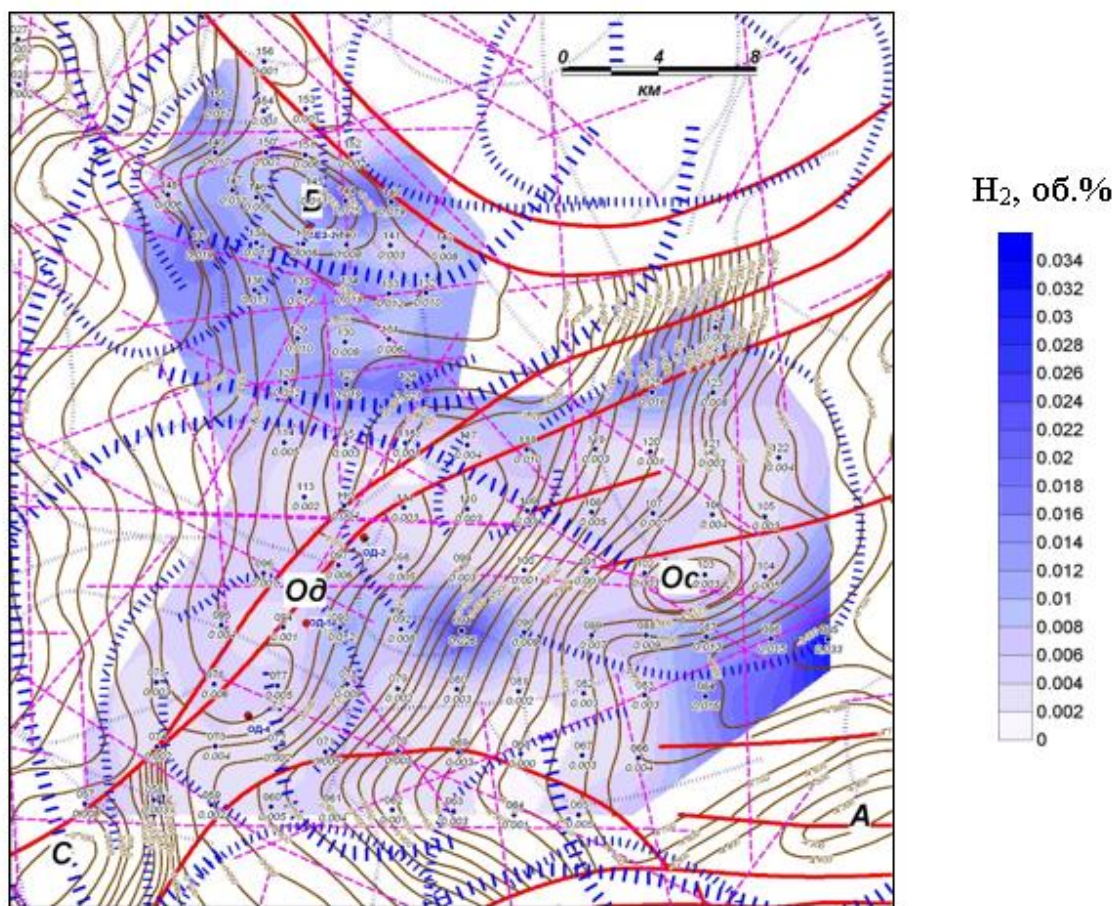


Рис. 2. Схема просторового розподілу показників вмісту водню в підґрунтовому повітрі. Бовтишська імпактна структура



Покладені в основу уявлень загальноновизнані вихідні принципи пояснюють численні природні явища, зокрема сейсмічні властивості шару Гутенберга, циклічний характер геотектонічних процесів, геологічну подібність родовищ різних корисних копалин, процеси акумуляції та міграції флюїдів, пов'язаних з геодинамічними явищами і геотермічними процесами надходження і виносу вуглеводневих компонентів мантії в верхні оболонки Землі та ін. Глибинні розломи закладаються в основному в осередках концентрації пружної енергії, поширюються по гідралічних розривах та пов'язані з процесами утворення дайок і штоків, горизонтальних та вертикальних порушень. Тиски у зоні розриву на глибинах завжди перевищують геостатичний тиск. Ці процеси і їх похідні слугують критеріальними показниками похідних ВВ і їх компонентів – водню і гелію.



**Рис. 3. Схема розподілу вмісту водню в придонному шарі води.**

**Площа Одеська-Безіменна-Рифтова-Осетрова.**

**Структури: Б - Безіменна, Од - Одеська, Ос - Осетрова, С - Світла, А – Анчоус**

Всі ці висновки базуються на великому обсязі фактичних матеріалів, отриманих авторами при розробці проєктів в усіх нафтогазоносних провінціях України і зарубіжжя при картуванні газових ореолів і слугують надійним підґрунтям прогнозу, пошуку і відкриття родовищ ВВ і водню зокрема.

Технологія структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень (СТАГГД) [2] на основі гідрогеобіогенно-мантіїної парадигми походження ВВ дає можливість виділити локальні ділянки аномалій водневої дегазації та відкриває принципово нові можливості картування перспективних ділянок для постановки детальних пошукових досліджень не тільки на промисловий видобуток ВВ та водню, а і для картування викиднебезпечних ділянок при відпрацюванні вугільних масивів (рис. 4).



## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ UNFC ТА UNMRS ДЛЯ ПРОЄКТІВ ВОДНЮ В УКРАЇНІ

**Курйло М.М.<sup>1</sup>**, д. геол. н., доцент, [marikurylo@meta.ua](mailto:marikurylo@meta.ua),

**Віршило І.В.<sup>1,2</sup>**, к. геол. н., доцент, [ivirshylo@gmail.com](mailto:ivirshylo@gmail.com);

**Братах М.І.<sup>3</sup>**, к. тех. н., [Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua](mailto:Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua),

**Паюк С.О.<sup>4</sup>**, [golova@dkz.gov.ua](mailto:golova@dkz.gov.ua);

1 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна,

3 – АТ «Укргазвидобування», УкрНДІгаз, м. Київ, Україна,

4 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

В роботі розглядаються можливості використання Рамкової класифікації ООН для водневих ресурсів, які дуже відмінні за технологічними характеристиками. Висвітлюються основні завдання Водневої стратегії України, де може бути застосовані положення Рамкової класифікації. Специфікація для водневих проєктів повинна включати чіткі економічні, екологічні (вуглецевий слід) і соціальні критерії реалізації проєктів, які дозволять розмежовувати об'єкти на економічній осі E. Технологічні і технічні аспекти враховуються при визначенні статусу і зрілості проєкту по осі життєздатності F. Тут базовими питаннями будуть не відмінності у кольорових технологіях, а зрілість проєктних рішень. При класифікації проєктів по осі G встановлюють достовірність оцінки кількісних показників продуктивності за різними сценаріями із можливим використанням ймовірного підходу. Особливо важливим для класифікації водневих проєктів є їх визначення екологічної, соціальної, економічної життєздатності, оскільки тут можуть бути зафіксовані різні пріоритети та значення для різних зацікавлених сторін.

## FEATURES OF USING UNFC AND UNMRS FOR HYDROGEN PROJECTS IN UKRAINE

**Kurylo M.<sup>1</sup>**, Dr. Sci. (Geol.), Prof., [marikurylo@meta.ua](mailto:marikurylo@meta.ua);

**Virshylo I.<sup>1,2</sup>**, PhD (Geol.), Associate Professor, [ivirshylo@gmail.com](mailto:ivirshylo@gmail.com);

**Bratakh M.<sup>3</sup>**, PhD (Eng.), [Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua](mailto:Mykhailo.bratakh@ugv.com.ua),

**Paiuk S.<sup>4</sup>**, [golova@dkz.gov.ua](mailto:golova@dkz.gov.ua);

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

2 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,

3 – JSC «Ukrgezvydobuvannya», UkrNDIGaz, Kyiv, Ukraine,

4 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The paper deals with possibilities of using the UN Framework Classification for hydrogen resources, which are very different in terms of technological characteristics. The main tasks of the Hydrogen Strategy of Ukraine, where the provisions of the Framework Classification can be applied, are highlighted. The specification for hydrogen projects should include clear economic, environmental (carbon footprint) and social criteria for the implementation of projects, which will allow the demarcation of objects on the economic axis E. Technological and technical aspects are taken into account when determining the status and maturity of the project on the viability axis F. Here, the basic questions there will not be differences in color technologies, but the maturity of design solutions. When classifying projects along the G axis, the reliability of quantitative performance indicators is established under various scenarios with the possible use of a probabilistic approach. It is especially important for the classification of hydrogen projects to determine their environmental, social, and economic viability, since different priorities and values for different stakeholders can be fixed here.

Актуальність досліджень визначена необхідністю виконання юридичних зобов'язань України щодо скорочення викидів парникових газів (національного визначеного внеску). Виконання цих зобов'язань потребує енергетичної трансформації протягом найближчого десятиліття. В такому енергетичному переході одне з важливих місць відведено водневим ресурсам, оскільки вони розглядаються як енергетичне джерело з низьким карбоновим слідом. Для України завданнями є скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 40% до 2030 року та на 70% - до 2050 року.

В більшості розвинутих країн розроблені і реалізуються водневі стратегії, а в ЄС затверджено Водневу дорожню карту Європи. В Україні розроблено проєкт Водневої стратегії, де передбачено 3 етапи реалізації, але базовими завданнями визначено наступне [1]:

- створення правової і нормативно-технічної бази;
- організація наукового, технічного та інформаційного забезпечення;



- визначення механізмів реалізації;
- застосування методів економічного стимулювання;
- методичне забезпечення;
- визначення потенціалу первинних енергетичних ресурсів.

Для реалізації перелічених завдань пропонується розглянути можливості системи управління ресурсами UNMRS та класифікації ресурсів UNFC (РКООН).

Порядок денний сталого розвитку, який є базовим у цих системах, визначає інтеграцію соціальних, екологічних та економічних цілей при освоєнні природних ресурсів. Сучасні моделі виробництва та використання природних ресурсів є нестабільними. Вони створюють проблеми з точки зору впливу на навколишнє середовище та суспільство, а також довгострокової доступності ресурсів, необхідних для сталого розвитку. Протягом багатьох років Рамкова класифікація ресурсів ООН (РКООН) прийнята як уніфікована система для класифікації, обліку та звітності щодо використання природних ресурсів, на основі соціальної, екологічної та економічної життєздатності, технічної здійсненності та ступеня достовірності при оцінці ресурсів [2-4].

У 2017 році країни-члени ЄЕК ООН вирішили розширити РКООН за межі системи класифікації до динамічної системи управління ресурсами, яка може допомогти країнам, організаціям і компаніям вирішувати проблеми сталого розвитку. Групі експертів з управління ресурсами було розроблено Систему управління ресурсами ООН (UNRMS), добровільний глобальний стандарт інтегрованого та сталого управління ресурсами. UNRMS — це комплексна система управління ресурсами для сталого розвитку, яка, як очікується, буде орієнтована на майбутнє. Ця система об'єднує всі зацікавлені сторони в досягненні різних цілей при освоєнні природних ресурсів, як відновлювальних, так і невідновлювальних. Базовим принципом UNRMS є оцінювання різних ресурсів не як ізольовані чи незалежні секторів, а як частину всієї ресурсної бази території, регіону чи країни [5]. Це є надзвичайно актуальним для водневих проєктів, оскільки в їх ефективній реалізації зацікавлені як виробники і споживачі, так представники держави на всіх рівнях, а також екологічна спільнота.

Актуальність використання UNRMS та UNFC для водневих проєктів спричинена істотними відмінностями у показниках економічної ефективності, екологічної безпечності та доступності ресурсу для різних зацікавлених осіб. Так, у вже зазначеній Водневій стратегії України найбільша увага приділяється зеленому водню, хоча в стадії реалізації і тестових досліджень наявні інші кольорові проєкти. На сьогодні це спричинено технологічними факторами та показниками собівартості виробництва.

**Таблиця 1**

**Систематизація ресурсів для водневих проєктів**

Колір	Чорний	Сірий	Синій/ блакитний	Бірюзовий	Жовтий	Рожевий	Зелений
Процес	Газифікація	Steam Methane Reforming/ Паровий реформінг метану	SMR або газифікація з уловлюванням CO <sub>2</sub>	Піроліз	Електроліз	Електроліз	Електроліз
Ресурси	Вугілля	Метан	Метан або вугілля	Метан	Сонячна енергія	Атомна енергія	Відновлювальні ресурси

Приведена собівартість LCOH для електролізерів зеленого водню сягає на сьогодні 6-7 \$/кг, при цьому показник собівартості для установок сірого та синього водню складає 2-3 \$/кг. Такі передумови спричиняють необхідність оцінювати і класифікувати водневі проєкти за комплексом ознак і критеріїв, які найбільш ґрунтовно висвітлені в названих системах UNRMS та UNFC.

Співставлення собівартості виробництва водню LCOH

Технологія	Собівартість, \$/кг (2018-2020)	Прогноз 2025, \$/кг
Електролізер PEM	6.1-7.4	2.3-2.8
Електролізер АЕ	4.8-5.8	2.5-3.1
SMR	2.3-2.8	1.9-2.3
SMR або газифікація з уловлюванням CO <sub>2</sub>	2.6-3.2	2.0-2.5

Загальні принципи РКООН/UNFC для ресурсів базуються на використанні названої Класифікації як універсальної системи, в якій запаси систематизують на основі трьох наступних критеріїв: 1) економічної і соціальної життєздатності проєкту (вісь E); 2) статусу й обґрунтованості проєкту освоєння родовища (вісь F); 3) геологічної вивченості (вісь G) з використанням цифрової системи кодів. Комбінації цих критеріїв створюють тривимірну систему кодів (рис. 1).

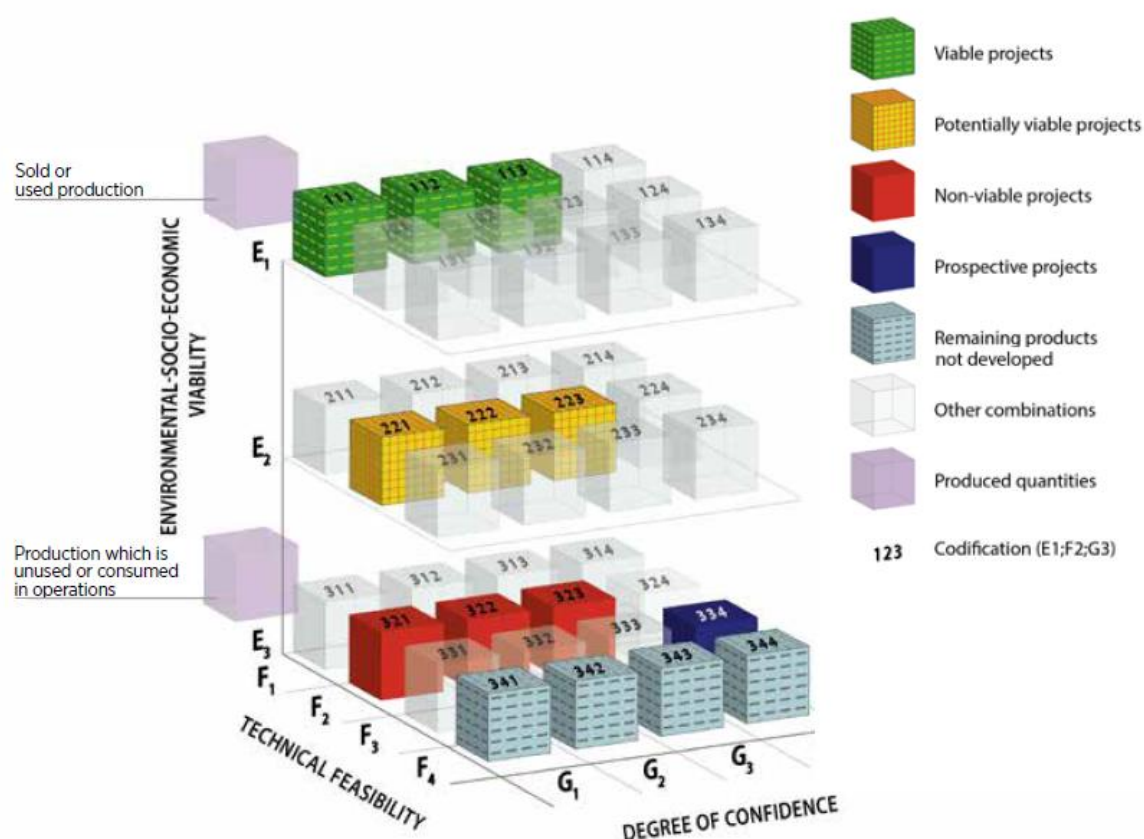


Рис. 1. Категорії UNFC і приклади класів [2-4]

Перша група категорій (вісь E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>) визначає ступінь сприятливості соціальних, екологічних та економічних умов для забезпечення комерційної життєздатності проєкту, які включають ринкові ціни, відповідні юридичні, нормативні, природоохоронні і контрактні умови. Друга група категорій (вісь F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>) визначає результати опрацювання технологій, досліджень і взятих зобов'язань, потрібних для реалізації проєкту. Вони охоплюють ланку від початкових досліджень до опрацьованого (чинного) проєкту і відображають стандартні принципи керування виробничими процесами ланцюгом збуту. Третя група категорій (вісь G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>) визначає ступінь достовірності оцінки об'єму продукції, що отримується під час реалізації проєкту. Комбінація категорій визначає клас проєкту (стадію та перспективність).





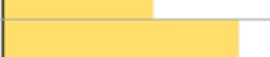
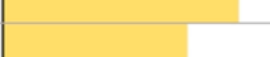


З метою більшої прозорості за глобального обміну інформацією в UNFC визначено додаткові типові підкласи, що засновані на повній деталізації за додатковими.

Особливістю класифікації проєктів водню є те, що вони розглядаються не лише як ресурс, але можуть розглядатися в якості:

- наскрізного безвуглецевого енергоносія;
- інтегратора відновлювальних джерел енергії в економіку;
- взаємозамінна валюта з електроенергією;
- інтегратора між мережами природного газу та електроенергії;
- базова ланка багатопаливного багатогалузевого енергетичного ланцюга.

Затвердженій специфікації для водневих проєктів на сьогодні немає, але є певні рекомендації щодо впровадження базових принципів цих систем. Зокрема, існують переконання, що при застосування UNFC необхідно відмовлятися від прямого впливу на результати «кольорової» класифікації, оскільки молекула водню має однакові властивості незалежно від способу виробництва. Також від кольору не залежать стандарти та правила безпеки, але базовим критерієм для оцінки має бути ступінь декарбонізації. При цьому такі терміни як «відновлювальний», «сталій», «чистий» і «з низьким вмістом вуглецю» не є описовими, не встановлюють чітких критеріїв розмежування і тому мають різне значення для різних зацікавлених сторін реалізації водневих проєктів. Рекомендується для базової класифікації і визначення екологічної життєздатності проєкту використовувати вуглецевий слід, приклад систематизації і групування параметрів для визначення класу екологічної, соціальної та економічної життєздатності наведено на наступному рис. 2.

Колір технології	Відносна собівартість \$/кг H <sub>2</sub>	GHG інтенсивність емісії кг CO <sub>2</sub> e/кг H <sub>2</sub>
Сірий		8 – 12
Блакитний		0.6 – 1
Зелений		~0
Чорний		18 – 20
Бірюзовий		5 – 11
Жовтий		0 – 9
Рожевий		0 – 0.4

**Рис. 2 Співставлення собівартості та інтенсивності емісії CO<sub>2</sub> для різних водневих технологій**

Для оцінки водневих ресурсів можна застосувати також базові положення специфікації UNFC [2-4]. Проєкт є базовою ланкою між джерелом енергії та кількостями енергопродуктів/продуктів і забезпечує основу для економічної оцінки та прийняття рішень. Фіксується чітке розуміння, що саме з проєктом пов'язані ризики та вигоди інвестора спричинені невизначеностями та/або змінним характером відновлюваного джерела енергії, ефективністю процесу вилучення та перетворення, цінами на відновлювані енергетичні продукти і умовами ринкової кон'юнктури (включаючи механізми підтримки політики), а також прийнятністю для суспільства. Кількість енергоресурсів визначається сукупною кількістю енергетичних продуктів, підрахованих з урахуванням економічних, договірних і тимчасових обмежень проєктів.

Для водневих проєктів можуть бути використані загальні підходи щодо визначення класів.

Категорії на економічній осі охоплюють усі нетехнічні питання, які можуть безпосередньо впливати на життєздатність проєкту, включаючи ціни на сировинні товари,

експлуатаційні витрати, правові/податкові режими, екологічні та соціальні обмеження. Ці проблеми можуть перешкоджати початку робіт із здійснення нового проєкту і спричиняти пониження класів до E2 або E3, в залежності від кожного конкретного випадку. У тих випадках, коли виробнича діяльність припинена, але при цьому існують «прийнятні перспективи для рентабельного виробництва та збуту в найближчому майбутньому», технічно кількості, що залишаються, повинні бути рекласифіковані з категорії E1 до категорії E2. За відсутності можливості продемонструвати «прийнятні перспективи для рентабельного видобутку та збуту в найближчому майбутньому» залишки, що залишаються, повинні бути рекласифіковані з категорії E1 до категорії E3.

З метою збереження узгодженості між різними відновлювальними енергоресурсами, а також з невідновлювальними викопними енергетичними та мінеральними запасами та ресурсами рекомендовані наступні специфікації для застосування категорій по осі G до водневих ресурсів. Традиційно у UNFC вісь G визначає ступінь достовірності геологічної інформації та можливість вилучення відповідних кількостей. Поняття «геологічної вивченості» зазвичай до відновлювальних енергоресурсів не застосовується, а для водневих можливо використання для «білих» проєктів природного водню. Стосовно інших кольорових проєктів вісь G слід розуміти як ступінь достовірності і можливості вилучення відповідних кількостей.

При використанні «ймовірнісного» підходу сукупні рівні ймовірності, пов'язані з G1, G1+ G2 та G1+ G2+ G3, мають бути відповідно 90%, 50% та 10%, де кожен рівень ймовірності відображає ймовірність перевищення оціночних кількостей. У разі використання «сценарного» підходу низька, оптимальна і висока оцінки відображають ті самі принципи, а також приблизно ті самі міри ймовірності, які могли б асоціюватися з оцінками, отриманими за допомогою ймовірнісного аналізу, як описано вище для «ймовірнісного» підходу. Для G1 оцінка з високим ступенем достовірності буде еквівалентною сценарію низького рівня. Сукупні оцінки з високим та середнім ступенем достовірності (G1 + G2) еквівалентні сценарію найкращої оцінки, а сукупні оцінки з високою, середньою та низькою достовірністю (G1 + G2 + G3) – еквівалентні сценарію високого рівня.

Таким чином, специфікація UNFC для водневих проєктів повинна включати чіткі економічні, екологічні і соціальні критерії реалізації проєктів, які дозволять розмежовувати об'єкти на економічній осі E. Технологічні і технічні аспекти враховуються при визначенні статусу і зрілості проєкту по осі життєздатності F. Тут базовими питаннями будуть не відмінності у кольорових технологіях, а зрілість проєктних рішень. При класифікації проєктів по осі G встановлюють достовірність оцінки кількісних показників продуктивності за різними сценаріями із можливим використанням ймовірнісного підходу. Особливо важливим для класифікації водневих проєктів є їх визначення екологічної, соціальної, економічної життєздатності, оскільки тут можуть бути зафіксовані різні пріоритети та значення для різних зацікавлених сторін.

#### **Список використаних джерел:**

1. Воднева стратегія України. Інститут відновлювальної енергетики НАН України. Київ: 2021.-91с.
2. UNFC United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) [https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E\\_ECE\\_ENERGY\\_109\\_WEB.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf)
3. UNFC and Social and Environmental Management. 2023//<https://unece.org/unfc-and-social-and-environmental-management-0>
4. Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 to Renewable Energy Resources// [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_specs/UNFC.RE\\_e.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf)
5. United Nations Resource Management System (UNRMS)// <https://unece.org/sustainable-energy/unfc-and-sustainable-resource-management/unrms>

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

**ВОСЬМА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.  
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ"**

**Україна, м. Львів, 9–12 жовтня 2023 р.**

# **МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Літературний коректор: Бала Г.Р.

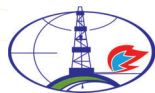
Технічний редактор: Бала Г.Р.

Компютерна верстка: Біляк Д.А.

## ГЕНЕРАЛЬНІ ПАРТНЕРИ



## ЗА ПІТРИМКИ



## ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПАРТНЕР



[conf.dkz.gov.ua](https://conf.dkz.gov.ua)

[conf@dkz.gov.ua](mailto:conf@dkz.gov.ua)